



Universidade de Aveiro
2012

Departamento de Geociências

**Lara Sofia Freire
da Conceição**

**Estudo da fracturação e caraterização tecnológica
do granito de Campia**



**Lara Sofia Freire
da Conceição**

**Estudo da fracturação e caraterização tecnológica
do granito de Campia**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Geológica, realizada sob a orientação científica da Professora Doutora Beatriz Valle Aguado, professora associada do Departamento de Geociências da Universidade de Aveiro e do Professor Doutor Jorge Manuel Pessoa Girão Medina, professor auxiliar do Departamento de Geociências da Universidade de Aveiro.

o júri

presidente

Professor Doutor Jorge Manuel Pessoa Girão Medina
Professor Auxiliar do Departamento de Geociências da Universidade de Aveiro

Professora Doutora Beatriz Valle Aguado
Professora Associada do Departamento de Geociências da Universidade de Aveiro

Professor Doutor José de Araújo Nogueira Neto
Professor Associado do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará

agradecimentos

A conclusão deste trabalho marca a concretização de mais um dos meus objetivos de vida. Não foi um caminho fácil de percorrer, mas com a ajuda de muitas pessoas, que de uma forma ou de outra, por vezes mesmo sem se aperceberem, me iam dando alento e força, consegui alcançar a meta que tinha estabelecido. Foi com algum esforço que tentei, nem sempre da melhor maneira, conciliar a vida profissional com a vida de estudante, e algumas foram as vezes em que me interroguei se teria tomado a melhor opção. Agora, com a alegria e a satisfação do trabalho realizado sinto que tudo valeu a pena, não só pela aquisição de conhecimentos nas mais variadas áreas, mas também pelas excelentes pessoas com quem tive o prazer de trabalhar, que sempre se mostraram disponíveis. O meu muito obrigado à Professora Doutora Beatriz Valle Aguado por ter sido o meu pilar neste trabalho e ao Professor Doutor Jorge Manuel Pessoa Girão Medina. Obrigado também a todas as pessoas do Departamento de Geociências da Universidade de Aveiro que contribuíram, de alguma forma, para a realização deste trabalho. Não posso também deixar de referir o Professor Doutor Carlos Alberto Machado Figueiredo e da Professora Doutora Maria Matilde Mourão de Oliveira Carvalho Horta Costa e Silva que me deram o seu apoio imprescindível na realização dos ensaios tecnológicos no IST, em Lisboa. Por fim, mas não menos importantes, estão os meus pais, a quem quero agradecer pelo incentivo que sempre me deram na prossecução dos meus estudos e o meu namorado, que foi quem muitas das vezes me disse que eu ia conseguir mesmo quando eu própria não acreditava que isso fosse possível. Obrigado a todos.

palavras-chave

Granitos, Zona Centro-Ibérica, diaclases, caracterização tecnológica, rochas ornamentais

resumo

Os granitos que ocorrem na região de Campia incluem-se no grupo dos granitoides sintectónicos relativamente à terceira fase de deformação Varisca. São granitos de duas micas, maioritariamente de grão médio que transitam em estreita relação espaço-temporal a granitos de granularidade mais fina ou grosseira, ou a granitos com textura porfiroide. Apesar do seu carácter sintectónico, estas rochas apresentam, regra geral, uma estrutura isotrópica, embora nas fácies porfíroides se possa observar localmente uma foliação pouco marcada, possivelmente de fluxo magmático, concordante com as estruturas regionais (NW-SE), sugerindo um controlo tectónico durante a instalação dos magmas.

Os principais objetivos da investigação realizada no âmbito desta tese consistiram em: fazer o reconhecimento geológico da área com base na cartografia existente; adquirir maior experiência nos trabalhos de campo e laboratorial para aquisição de dados geológicos; colher amostras e obter dados relativos à fracturação do granito em dois locais seleccionados nas proximidades da povoação de Campia; realizar o estudo das características tecnológicas da rocha em estudo; analisar e interpretar os dados obtidos e estudar a viabilidade do granito da pedreira de Rebordinho como rocha ornamental.

Com base nos dados de campo, nos resultados obtidos através do estudo dos parâmetros da fracturação e na caracterização tecnológica efetuada às amostras recolhidas, foi possível: reconhecer a existência de um padrão de diaclasamento composto por três famílias de diaclases que condicionam as características mecânicas do maciço, assim como o tamanho do bloco possível de ser extraído; fazer a correlação entre os dois locais de estudo e entre as características estudadas; concluir que, as amostras estudadas satisfazem a maioria dos requisitos exigidos pelas normativas internacionais para a sua utilização como rocha ornamental, principalmente em aplicações como revestimentos.

O maciço rochoso da pedreira de Rebordinho apresenta três famílias de diaclases com orientações: WNW-ESE, subvertical; NE-SW, subvertical e WSW-ENE, com pendores inferiores a 20° NW. As amostras de rocha granítica que foram sujeitas a ensaios de caracterização tecnológica apresentaram os seguintes resultados: massa volúmica aparente – 2635,24 kg/m³; porosidade aberta – 0,939%; absorção de água à pressão atmosférica – 0,323%; resistência à compressão uniaxial – 80,87 MPa e resistência à flexão – 13,95 MPa.

keywords

Granites, Central Iberian Zone, joints, technological characterization, decorative dimension stones

abstract

The granites located in the region of Campia, are included in the group of the syn-kinematic granitoids associated with the third Variscan deformation phase. They are two-mica granites, mostly medium grained that can occur in close relationship with finer or coarser grained granites. Despite their syn-tectonic character, these rocks have, in general, an isotropic structure, although in the porphyritic facies it is possible to see locally a slight foliation, possibly a magmatic foliation, concordant with the regional structures (NW-SE), suggesting a tectonic control during the magma emplacement.

The main objectives of the investigation in this thesis were: to make the geological recognition of the area based on existing maps; to acquire more experience in field work and laboratory techniques for the acquisition of geological data; to get information about the joint pattern of the granite in two selected sites near the village of Campia; to carry out the study of the technological characteristics of the rock under study, to analyze and interpret the data and, finally, to study the ability of the granite of the Rebordinho quarry as decorative dimension stone.

Based on the field data, the results obtained through the study of the parameters of the discontinuities and the technological characterization carried out on several samples, it was possible to: recognize the existence of a pattern composed of three joints families that influence the mechanical characteristics of the rock massif as well as the block size that can be extracted; make the correlation between the two studied sites and between the characteristics studied; conclude that the samples studied, satisfy the most requirements required by the international standards for its use as an ornamental rock, mainly in applications like coatings.

The Rebordinho quarry exhibits three families of joints, two of them are subvertical, with strikes WNW-ESE and NE-SW, and the other one is subhorizontal, with attitude WSW-ENE, ~20°NW. Rock samples subjected to technological characterization presented the following results: apparent density – 2635.24 kg/m³; open porosity – 0.939%; water absorption at atmospheric pressure – 0.323%; uniaxial compressive strength – 80.87 MPa and flexural strength – 13.95 MPa.

ÍNDICE GERAL

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO	1
I.1 – NATUREZA E ÂMBITO DO TRABALHO	3
I.2 – OBJETIVOS DO TRABALHO	3
I.3 – METODOLOGIA DO TRABALHO	3
I.4 – ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	4
CAPÍTULO II – ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO	6
II.1 – ENQUADRAMENTO DO MACIÇO IBÉRICO	8
II.2 – A ZONA CENTRO-IBÉRICA	10
II.3 – GEOLOGIA DA REGIÃO DE CAMPIA	12
CAPÍTULO III – ESTUDO DA FRACTURAÇÃO	15
III.1 – TRABALHO DE CAMPO	18
III.1.1 – Descrição dos afloramentos	20
III.1.2 – Estudo da fracturação e obtenção de dados	25
Atitude ou orientação	26
Espaçamento	29
Continuidade	30
Rugosidade	32
Abertura e preenchimento	32
III.2 – RESULTADOS OBTIDOS	34
III.2.1 – Estação 1: Pedreira de Rebordinho (E1)	34
III.2.2 – Estação 2: Estrada de Campia (E2)	40
III.2.3 – Análise comparativa	45
CAPÍTULO IV – CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA	49
IV.1 – SETOR DA ROCHA ORNAMENTAL	51
IV.1.1 – Tipos de Rochas Ornamentais	53
IV.2 – CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DO GRANITO DE REBORDINHO	56
IV.2.1 – Índices Físicos	58
IV.2.1.1 – Determinação da massa volúmica aparente e porosidade aberta	59
IV.2.1.2 – Determinação da absorção de água à pressão atmosférica	62
IV.2.2 – Determinação da resistência à compressão uniaxial	64
IV.2.3 – Determinação da resistência à flexão sob carga centrada	66

IV.2.4 – Análise Petrográfica	69
IV.3 – RESULTADOS	72
IV.3.1 – Caracterização Macroscópica e Análise Petrográfica.....	72
IV.3.2 – Geoquímica.....	77
IV.3.3 – Índices Físicos.....	81
IV.3.4 – Resistência à compressão uniaxial.....	83
IV.3.5 – Resistência à flexão sob carga centrada	85
CAPÍTULO V - CONCLUSÕES	86
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	90
ANEXOS	
ANEXO I – Dados de Campo	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura II.1 – Grandes Unidades tectónicas da Europa segundo Stille (1924). Extraído de Ferreira, 2000).	8
Figura II.2 – Unidades morfoestruturais da Península Ibérica (RIBEIRO et al., 1979); 1 – Bacias; 2 – Orlas e Cadeias moderadamente deformadas; 3 – Cadeias Alpinas; 4 – Maciço Ibérico.	9
Figura II.3 – Divisão estrutural do Maciço Ibérico (extraído de Pérez Estaún et al. 2004).	10
Figura II.4 – Distribuição dos granitóides sin-D3 e tardi-pós-D3 no Centro e Norte de Portugal (extraído de Azevedo & Valle Aguado, 2006). O polígono localiza o mapa da Figura II.5.	12
Figura II.5 – Mapa geológico da região do Caramulo com a localização dos afloramentos estudados (E1 e E2). Redesenhado e adaptado de Ávila Martins (1962).	13
Figura III.1 – Pedreira de Rebordinho.	19
Figura III.2 – Pormenor de afloramento na localidade de Campia.	19
Figura III.3 – Encraves biotíticos dispersos no granito.	21
Figura III.4 – Veio pegmatítico constituído por quartzo e feldspato.	21
Figura III.5 – Perfis de alteração na Pedreira de Rebordinho (E1).	23
Figura III.6 – Granito porfiroide na estrada de Campia (E2).	24
Figura III.7 – Pequeno filão pegmatítico nos afloramentos da estrada de Campia.	25
Figura III.8 – Ângulos envolvidos na definição da orientação de um plano de descontinuidade. Extraído de Vallejo et al. (2002).	26
Figura III.9 – Exemplo de um diagrama de roseta mostrando as direcções de 110 diaclases. Extraído de Giorgio et al. (2003).	27
Figura III.10 – Projeção estereográfica de um plano com direcção NNE-SSW e inclinação para SE. Extraído de Fossen (2010).	28
Figura III.11 – Projeção estereográfica de uma linha, neste caso a normal ou pólo do plano. Extraído de Fossen (2010).	28
Figura III.12 – Redes de projecção equatorial: A – de igual ângulo (Wulff); B – de igual área (Schmidt).	29
Figura III.13 – Pormenor de algumas características das descontinuidades: espaçamento (verde) e continuidade (vermelho).	31
Figura III.14 – Classificação da rugosidade (ISRM, 1981).	32
Figura III.15 – Representações esquemáticas da abertura e espessura do preenchimento (Campos, 1992).	33
Figura III.16 – A: Estereograma com a projecção dos pólos das diaclases da pedreira de Rebordinho (E1). Os pontos em azul representam os pólos de diaclases preenchidas com pegmatitos. B: Diagrama de contornos com a definição das famílias de diaclases.	35
Figura III.17 – Estação 1 (Pedreira de Rebordinho): Histograma de frequência dos espaçamentos entre diaclases da família 1.	35
Figura III.18 – Estação 1 (Pedreira de Rebordinho): Histogramas de frequência dos espaçamentos entre diaclases das famílias 2 e 3.	36

Figura III.19 – Estação 1 (Pedreira de Rebordinho): Histograma de frequência da continuidade das diaclases da família 1.....	36
Figura III.20 – Estação 1 (Pedreira de Rebordinho): Histogramas de frequência da continuidade das diaclases das famílias 2 e 3.	37
Figura III.21 – Estação 1 (Pedreira de Rebordinho): Histograma de frequência da rugosidade das superfícies das diaclases da família 1. Os números em abcissa correspondem à numeração romana da Figura III. 15.....	37
Figura III.22 – Estação 1 (Pedreira de Rebordinho): Histogramas de frequência da rugosidade das superfícies das diaclases das famílias 2 e 3. Os números em abcissa correspondem à numeração romana da Figura III. 15.....	38
Figura III.23 – Estação 1 (Pedreira de Rebordinho): Histogramas de frequência da abertura das diaclases.....	39
Figura III.24 – A: Estereograma com a projeção dos pólos das diaclases da estrada de Campia (E2). B: Diagrama de contornos com a definição das famílias de diaclases.....	40
Figura III.25 – Estação 2 (Estrada de Campia): Histogramas de frequência dos espaçamentos entre as diaclases.	41
Figura III.26 – Estação 2 (Estrada de Campia): Histogramas de frequência da continuidade das diaclases.....	42
Figura III.27 – Estação 2 (Estrada de Campia): Histogramas de frequência da rugosidade das superfícies das diaclases. Os números em abcissa correspondem à numeração romana da Figura III. 15.....	43
Figura III.28 - Estação 2 (Estrada de Campia): Histogramas de frequência da abertura das diaclases.....	44
Figura III.29 - Estereograma com a projeção dos planos representativos da orientação média das famílias de diaclases identificadas na pedreira de Rebordinho (A) e na estrada de Campia (B). Os pontos correspondem aos respetivos pólos.....	45
Figura III.30 – Representação esquemática da forma dos blocos num maciço rochoso com uma família de diaclases sub-horizontal e duas sub-verticais (extraído de Vallejo et al., 2002).....	47
Figura IV.1 – Distribuição percentual da produção dos diferentes tipos de rochas ornamentais em Portugal. Fonte: “Guia Técnico do Sector da Pedra Natural”, INETI (2001).	54
Figura IV.2 – Principais centros de produção e quantidades (t) produzidas de “Mármore e outras rochas carbonatadas”, “Granitos e similares” e “Ardósias e xistos”. Extraído de “Guia Técnico do Sector da Pedra Natural”, INETI (2001).	55
Figura IV.3 - Preparação dos provetes a ensaiar.	57
Figura IV.4 - Provetes preparados para os ensaios tecnológicos.....	57
Figura IV.5 - Provetes com dimensões 5 cm x 5 cm x 5 cm usados na determinação dos índices físicos.	59
Figura IV.6 – Secagem das amostras na estufa.....	60
Figura IV.7 – Utilização do Exsicador para retirar a humidade das amostras (A) e como recipiente de vácuo (B).	60
Figura IV.8 – Imersão dos provetes, no recipiente de vácuo, à pressão atmosférica.	61
Figura IV.9 - Determinação da massa do provete imerso em água – m_h (A) e da massa do provete saturado – m_s (B).	61
Figura IV.10 – Recipiente de imersão.	62

Figura IV.11 – Provetes nos momentos: t_0 (A), $t_0 + 60 \pm 5$ min. (B) e $t_0 + 120 \pm 5$ min. (C).	63
Figura IV.12 – Pesagem do provete saturado.	64
Figura IV.13 – Provetes para o ensaio de resistência à compressão uniaxial, com extensómetros colocados.	65
Figura IV.14 - Prensa de compressão uniaxial (A) e provetes ensaiados (B).	66
Figura IV.15 – Esquema do dispositivo de carga de um provete (carga centrada), extraído de NP EN 12372:2008.	67
Figura IV.16 – Dispositivo de carga centrada.	68
Figura IV.17 – Provete após ensaio de flexão.	68
Figura IV.18 – Tipos de contatos minerais.	71
Figura IV.19 – A e B – Pormenor da biotite (Bt) alterada em clorite (Cl) e rútilo (Ru), com alguns cristais de apatite (Ap); C e D – Pormenor de mirmequite (Mq) entre grãos de quartzo (Qz) e feldspato (Fd). imagens A e C em nicóis paralelos e B e D em nicóis cruzados.	72
Figura IV.20 – A e B – Pormenor mostrando quartzo (Qz) fraturado; C e D – Pormenor da biotite (Bt) alterada em clorite (Cl) e alguns cristais de moscovite (Ms). imagens A e C em nicóis paralelos e B e D em nicóis cruzados.	73
Figura IV.21 – A e B – Pormenor de microclina (Mc) com inclusão de plagioclases (Pg); C e D – Feldspato potássico (FK) apresentando macla de ortose e pertites (Pt). imagens A e C em nicóis paralelos e B e D em nicóis cruzados.	74
Figura IV.22 – Contacto plano e serrilhado entre biotite (Bt) e quartzo (Qz), contacto plano entre feldspato potássico (FK) e biotite e contacto côncavo-convexo entre grãos de quartzo e feldspato potássico, nicóis paralelos (A) e nicóis cruzados (B).	75
Figura IV.23 – Diagrama QAP para rochas plutónicas, com a projeção da amostra em estudo.	77
Figura IV.24 – Porta amostras do aparelho de fluorescência de raios X (FRX).	78
Figura IV.25 – Moinho de maxilas.	78
Figura IV.26 – Quartilha manual.	79
Figura IV.27 – Moinho de anéis (A, B e C) de ágata.	80
Figura IV.28 – Massa volúmica aparente versus porosidade aberta e absorção de água à pressão atmosférica nas seis amostras de granito.	82
Figura IV.29 – Curvas de tensão-deformação teóricas, obtidas de um ensaio de compressão uniaxial.	84

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro III.1 – Coordenadas UTM WGS84 dos locais estudados.....	20
Quadro III.2 – Classificação do grau de meteorização dos maciços rochosos (ISRM, 1981).	22
Quadro III.3 – Descrição do espaçamento (Vallejo et al., 2002).....	30
Quadro III.4 – Descrição da continuidade (ISRM, 1981)	31
Quadro III.5 – Descrição da Abertura (ISRM, 1981).....	33
Quadro III.6 - Análise comparativa entre os valores médios dos parâmetros da fracturação da Estação 1 e Estação 2.	46
Quadro III.7 – Descrição do tamanho do bloco em função do valor do J_v . (ISRM, 1981) .	47
Quadro IV.1 – Principais países produtores mundiais de rochas ornamentais (Montani, 2008).	52
Quadro IV.2 – Principais países exportadores mundiais de rochas ornamentais em 2009.	52
Quadro IV.3 – Principais países exportadores mundiais de mármore e calcários e de granitos e similares em 2006 (Montani, 2007).....	53
Quadro IV.4 - Tipos de rocha ornamental. Extraído de “Guia Técnico do Sector da Pedra Natural”, INETI (2001).....	54
Quadro IV.5 – Ensaio recomendado para a caracterização das rochas quanto aos principais usos (Extraído de “Rochas Ornamentais Portuguesas”, INETI).	56
Quadro IV.6 - Síntese das características petrográficas do granito de Rebordinho.....	76
Quadro IV.7 - Análises químicas de uma amostra do granito de Rebordinho.	80
Quadro IV.8 – Valores de referência das especificações ASTM, para rochas graníticas ornamentais utilizadas no revestimento de edificações.....	81
Quadro IV.9 – Resultados para os ensaios de Massa Volúmica Aparente e Porosidade Aberta.....	82
Quadro IV.10 - Resultados para o ensaio de Absorção de água à Pressão Atmosférica.	83
Quadro IV.11 – Resultados para o ensaio de compressão uniaxial.	83
Quadro IV.12 – Classificação de rochas quanto à sua resistência à compressão uniaxial (ISRM, 1977).	85
Quadro IV.13 – Resultados do ensaio de flexão.	85

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO

I.1 – NATUREZA E ÂMBITO DO TRABALHO

O presente trabalho insere-se no âmbito da disciplina de Dissertação do 2º ano do curso de Mestrado em Engenharia Geológica (2º ciclo), segundo o modelo de Bolonha da Universidade de Aveiro.

O trabalho foi desenvolvido no Departamento de Geociências da Universidade de Aveiro, sob a orientação científica da Professora Doutora Beatriz Valle Aguado e do Professor Doutor Jorge Manuel Pessoa Girão Medina.

A presente dissertação tem como principal objetivo o estudo da fracturação do granito que aflora na região de Campia, no distrito de Viseu, e a posterior caracterização tecnológica do mesmo, no sentido do estudo da viabilidade de utilização deste granito como rocha ornamental.

I.2 – OBJETIVOS DO TRABALHO

Para a realização deste trabalho definiram-se os seguintes objetivos principais:

1. Fazer o reconhecimento geológico da área com base na cartografia existente;
2. Adquirir maior experiência nos trabalhos de campo e laboratorial para aquisição de dados geológicos;
3. Colher amostras e obter dados relativos à fracturação do granito em dois locais seleccionados nas proximidades da povoação de Campia;
4. Realizar o estudo das características tecnológicas da rocha em estudo;
5. Analisar e interpretar os dados obtidos e estudar a viabilidade do granito da pedreira de Rebordinho como rocha ornamental.

I.3 – METODOLOGIA DO TRABALHO

Para a concretização dos objetivos referidos anteriormente, utilizou-se uma metodologia que assenta em sete pontos fundamentais:

1. Pesquisa bibliográfica com a finalidade de recolher toda a informação disponível sobre a zona em estudo e, numa fase posterior, com o objetivo de interpretar os dados obtidos.
2. Pesquisa de informação sobre o mercado de rocha ornamental em Portugal.
3. Trabalho de campo, englobando: estudo exploratório da região, envolvendo o reconhecimento de alguns dos afloramentos de granito na região de Campia; o estudo dos vários parâmetros associados à fracturação; a definição dos graus de alteração nos locais em análise; a amostragem para análise petrográfica e para os ensaios de caracterização tecnológica e o registo de fotografias.
4. Estudo petrográfico de lâminas delgadas com o objetivo de: identificar os minerais constituintes e descrever a textura das amostras; realizar a análise modal das amostras através do método de contagem de pontos; caracterizar o estado de alteração dos minerais constituintes; estudar a microfissuração e os tipos de contatos entre minerais.
5. Trabalho laboratorial, que consistiu na realização de ensaios tecnológicos nas instalações da Universidade de Aveiro e do Instituto Superior Técnico, em Lisboa.
6. Tratamento e interpretação de dados, incluindo: elaboração de um mapa da região em estudo, com base na cartografia pré-existente, usando o programa *ARCGIS* versão 9.3.1 (*ESRITM*); projecção e tratamento dos dados de orientação das diaclases, utilizando o programa informático Stereo32; análise das propriedades geomecânicas da rocha estudada e a avaliação das suas potencialidades para exploração como rocha ornamental.
7. Redação do documento final (Dissertação/Tese).

I.4 – ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Para além deste capítulo introdutório, a dissertação é constituída por mais quatro capítulos organizados da seguinte forma:

- **Capítulo II – Enquadramento Geológico**

Neste capítulo é feito um enquadramento geológico geral da área em estudo num contexto geológico mais vasto. Este capítulo inicia-se com a integração da Península Ibérica no quadro Geológico Europeu e com uma breve

referência à zonalidade do Maciço Ibérico, apresentando-se de seguida uma descrição mais pormenorizada das principais características estratigráficas, tectónicas e magmáticas da Zona Centro-Ibérica, onde se insere a zona em estudo. É também realizada uma pequena abordagem à geologia da região de Campia.

- **Capítulo III – Estudo da fracturação**

Este capítulo inclui a descrição do trabalho de campo e dos afloramentos estudados, assim como a análise dos principais parâmetros associados à fracturação e a apresentação e discussão dos resultados obtidos.

- **Capítulo IV – Caracterização Tecnológica**

Inicialmente é feita, neste capítulo, uma breve descrição do setor da rocha ornamental em Portugal. Seguidamente são descritos os ensaios tecnológicos levados a cabo, assim como também são apresentados os resultados obtidos.

- **Capítulo V – Conclusões**

Apresentação das principais conclusões do trabalho.

- **Referências Bibliográficas**

- **Anexo: Dados de campo**

CAPÍTULO II

ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO

CAPÍTULO II – ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO

Ao longo deste capítulo vai ser feita a descrição geral da geologia do Maciço Ibérico, dando maior ênfase à Zona Centro-Ibérica, uma vez que é nesta que a região de Campia se insere.

II.1 – Enquadramento do Maciço Ibérico

A maioria da área correspondente à Península Ibérica inclui-se na Meso-Europa, um dos quatro grandes domínios tectónicos em que se divide o continente europeu (Figura II.1). Este domínio caracteriza-se por não ter sido afectado por deformação importante desde o final do Paleozóico Superior.



Figura II.1 – Grandes Unidades tectónicas da Europa segundo Stille (1924). (Extraído de Ferreira, 2000).

A Península Ibérica é constituída, fundamentalmente, pelo Maciço Ibérico (também denominado Maciço Hespérico, Soco Hercínico ou Soco Varisco), que ocupa as partes Oeste e Central da Península. O Maciço Ibérico representa o ramo SW da cadeia

Varisca da Europa ocidental e corresponde aos afloramentos de terrenos Precâmbrios e Paleozóicos, variavelmente deformados e metamorfizados durante o levantamento da cadeia varisca e intruídos por magmas graníticos durante este episódio orogénico (Ribeiro et al., 1979). Na Península, os terrenos da Neo-Europa (intensamente deformada no Cenozóico Inferior – Médio e ainda não estabilizada), estão representados pelas cadeias alpinas (Pirenaica; Ibérica, Costeira-Catalã e Bética) que constituem o rebordo montanhoso do Maciço Ibérico (Figura III.2). Nos bordos oeste e sudoeste se individualizaram a Orla Ocidental ou Lusitaniana e a Orla Meridional ou Algarvia, muito menos afectadas pela deformação alpina.

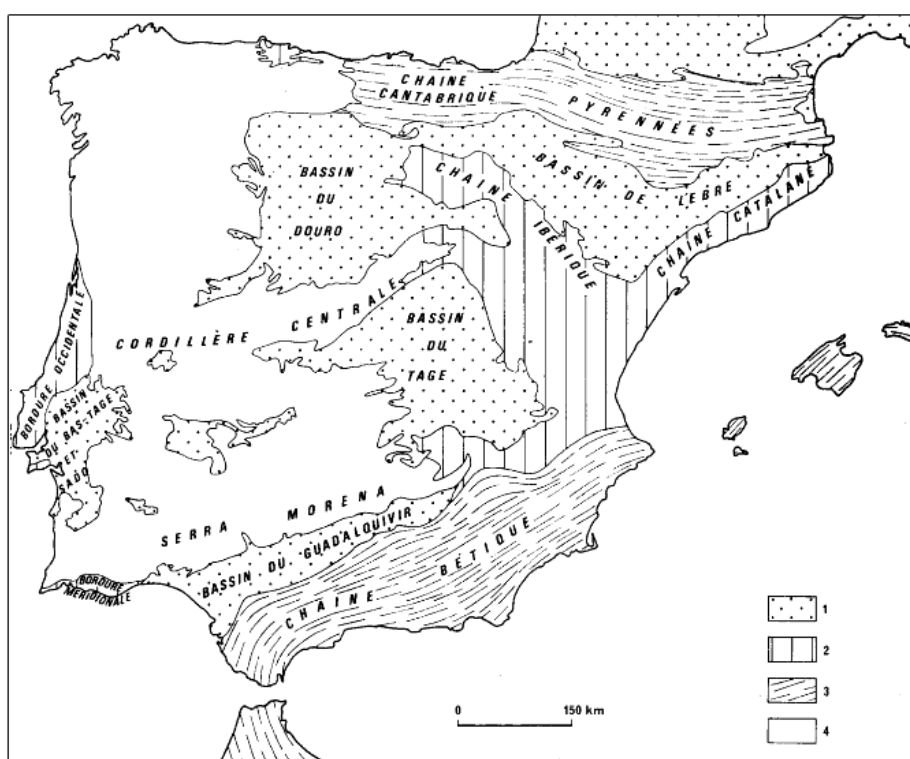


Figura II.2 – Unidades morfoestruturais da Península Ibérica (RIBEIRO et al., 1979); 1 – Bacias; 2 – Orlas e Cadeias moderadamente deformadas; 3 – Cadeias Alpinas; 4 – Maciço Ibérico.

Desde o trabalho do geólogo alemão Lotze (1945), o Maciço Ibérico tem sido dividido em grandes sectores, segundo critérios baseados na estratigrafia, no metamorfismo, no magmatismo e nas estruturas tectónicas. Assim sendo, de NE para SW, as unidades tectonoestratigráficas que se podem definir são: Zona Cantábrica, Zona Astúrica Ocidental – Leonesa, Zona de Galiza – Trás-os-Montes, Zona Centro-Ibérica,

Zona de Ossa-Morena e Zona Sul-Portuguesa. Destas, apenas as quatro últimas estão bem representadas no território continental português, como se pode ver na Figura II.3.

Uma vez que a zona em estudo se localiza na Zona Centro-Ibérica (ZCI), neste trabalho apenas serão descritos os traços gerais desta unidade geotectónica.

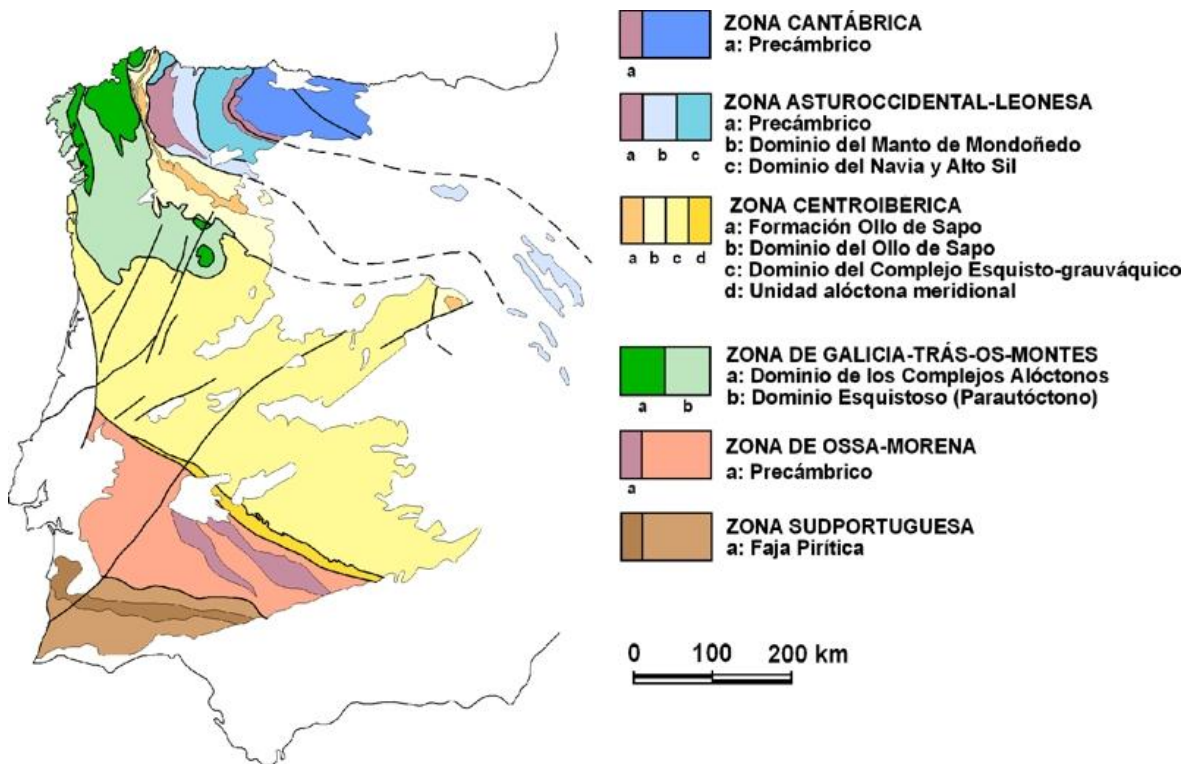


Figura II.3 – Divisão estrutural do Maciço Ibérico (extraído de Pérez Estaún et al. 2004).

II.2 – A Zona Centro-Ibérica

A Zona Centro-Ibérica é delimitada por dois importantes acidentes tectónicos: a sul pela zona de cisalhamento de Tomar-Badajoz-Córdoba, com uma orientação WNW-ESSE a NW-SE, e, a oeste, pela zona de cisalhamento Porto-Tomar-Ferreira do Alentejo, com orientação NNW-SSE. Trata-se do segmento da Cadeia Varisca Europeia onde as rochas graníticas afloram em maior extensão e apresentam uma maior diversidade tipológica (Azevedo & Valle Aguado, 2006).

A Zona Centro-Ibérica caracteriza-se, do ponto de vista estratigráfico, pelo predomínio dos metassedimentos ante-ordovícicos, pertencentes ao Complexo-Xisto-Grauváquico, relativamente às restantes formações Paleozóicas, apresentando o Ordovícico inferior um carácter transgressivo e discordante sobre os terrenos ante-ordovícicos (RIBEIRO et al., 1979). Outra característica da ZCI é a importante presença

de rochas granitoides variscos, relacionadas com o magmatismo orogénico abundante e com idades de implantação distintas (Ferreira et al., 1987).

A estruturação da ZCI resultou essencialmente da deformação associada à Orogenia Varisca, estando fracamente representadas as estruturas relacionadas com episódios de deformação mais antigos (Díez Balda et al., 1990). A deformação varisca é polifásica, sendo reconhecidas três fases principais de deformação dúctil, designadas por D1, D2 e D3 (Ribeiro et al., 1979, Díez Balda et al., 1990).

A primeira fase (D1) deu lugar à formação de dobras com expressão quilométrica e xistosidade de plano axial associada (S1), com direcção geral NW-SE. A primeira fase afectou toda a sequência sedimentar pré-carbónica, encontrando-se as suas estruturas bem representadas em toda a ZCI. As estruturas devidas às 2ª e 3ª fases de deformação (D2 e D3) apresentam uma distribuição mais localizada. A D2 afecta principalmente sequências metamórficas de grau médio a alto e está geralmente associada a zonas de cisalhamento subhorizontais que geram xistosidade (S2) com pouca inclinação. A D3 relaciona-se com o desenvolvimento de zonas de cisalhamento dúctil verticais, produz dobras de plano axial vertical, por vezes com xistosidade associada (S3), que redobram as estruturas anteriores (Ibarguchi et al., 1983; Díez Balda et al. 1990, Valle Aguado et al., 2005). Finalmente, durante os últimos estádios da orogenia desenvolveram-se fracturas segundo dois sistemas conjugados: um sistema direito com direcção NNW-SSE a NW-SE e um sistema esquerdo, mais desenvolvido, com direcção NNE-SSW a ENE-WSW (Ribeiro et al., 1979).

Nos setores mais internos do Maciço Ibérico, as antiformas de 3ª fase coincidem, em geral, com áreas de alto grau metamórfico. Estas áreas formam faixas paralelas às principais estruturas variscas e apresentam uma distribuição mais ou menos simétrica das isógradas de metamorfismo regional em torno de um eixo térmico, marcado com frequência pela presença de granitos variscos de duas micas (Martínez et al., 1988).

A instalação da maior parte dos granitos variscos da ZCI teve lugar em estreita associação com a 3ª fase de deformação. Tendo em conta as relações temporais com a D3, distinguem duas categorias principais de granitóides: os granitóides sin-D3 e os granitóides tardi-pós-D3 (Fig. II.4).

Na categoria dos granitóides sin-D3 predominam os granitos peraluminosos de duas micas, havendo também alguns corpos de granodioritos e granitos biotíticos. Em linhas gerais, ocorrem em maciços alongados, concordantes com as estruturas regionais e estão instalados em níveis relativamente profundos da crosta (mesozona), ocupando, geralmente, os núcleos das antiformas da 3ª fase de deformação. A sua idade de

instalação está compreendida entre os 320 Ma e os 305 Ma. Por outro lado, o grupo dos granitóides tardi-pós-D3 inclui complexos intrusivos que se instalaram no final ou posteriormente a essa fase de deformação, aproximadamente entre os 300 Ma e os 270 Ma. Neste grupo, predominam os monzogranitos/granodioritos essencialmente biotíticos, por vezes associados a rochas básicas e intermédias, mas ocorrem também leucogranitos de duas micas metaluminosos a peraluminosos. Alguns destes granitóides formam maciços circunscritos, discordantes com as estruturas regionais, instalados em níveis superficiais da crosta onde ocorrem envolvidos por auréolas de metamorfismo de contacto (Ferreira et al., 1987, Pinto et al., 1987, Dias, 2001, Azevedo & Valle Aguado, 2006).

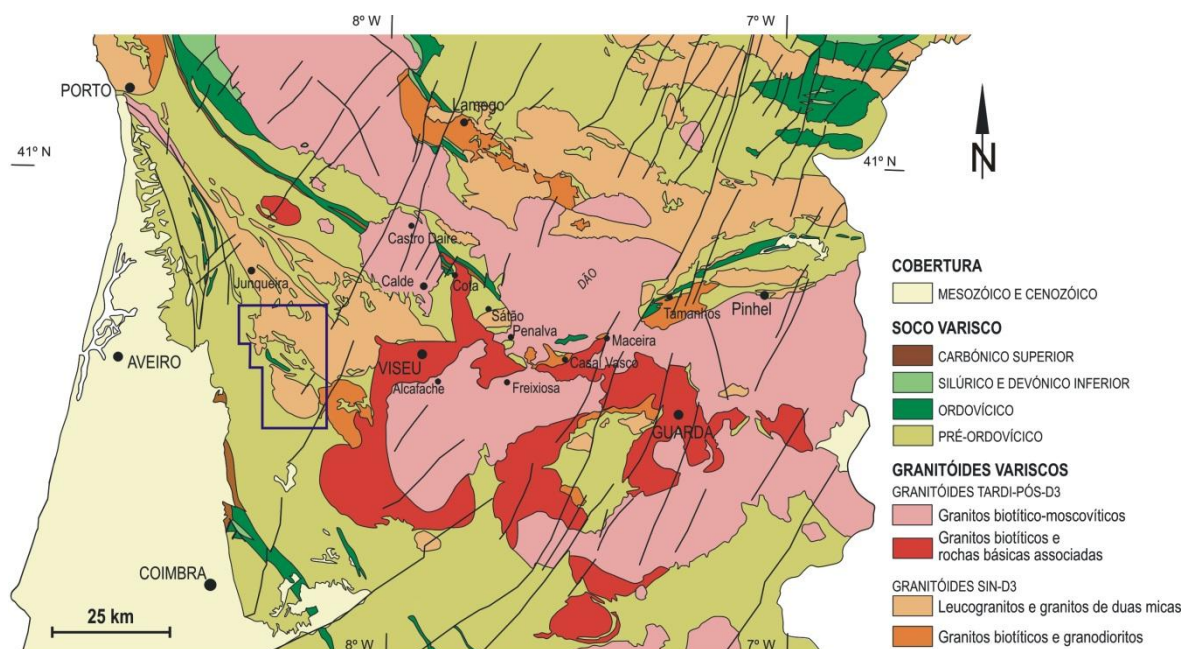


Figura II.4 – Distribuição dos granitóides sin-D3 e tardi-pós-D3 no Centro e Norte de Portugal (extraído de Azevedo & Valle Aguado, 2006). O polígono localiza o mapa da Figura II.5.

II.3 – Geologia da Região de Campia

A região de Campia localiza-se no Centro-Norte de Portugal, entre as cidades de Aveiro e Viseu (Figura II.4). Do ponto de vista geológico, na região afloram metapelitos e metagrauvaques do Complexo Xisto-Grauváquico (Proterozóico Superior – Câmbrico), quartzitos e metapelitos de idade ordovícica e granitóides variscos sin-D3 (Figura II.5). Para além destas grandes unidades litológicas ocorrem numerosos filões de quartzo, aplitos e pegmatitos. A fracturação regional tardi-varisca manifesta-se através de várias falhas com direcção NE-SW, algumas delas preenchidas por filões de quartzo.

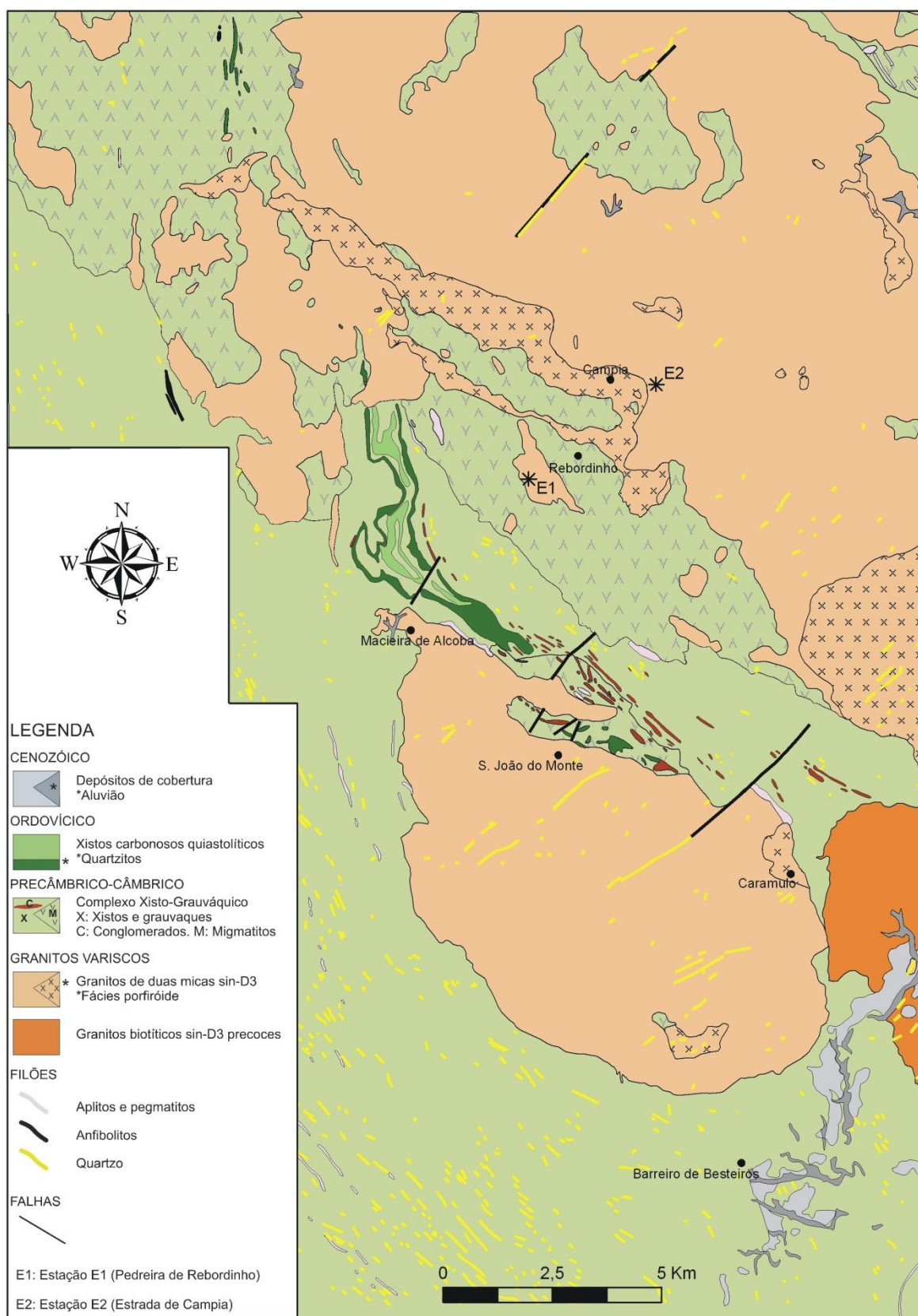


Figura II.5 – Mapa geológico da região do Caramulo com a localização dos afloramentos estudados (E1 e E2). Redesenhado e adaptado de Ávila Martins (1962).

Nesta região o Complexo Xisto Grauváquico (CXG) encontra-se amplamente representado, onde para além de xistos e grauvaques habituais, ocorrem numerosas lentículas de conglomerados, sobretudo a NE do granito do Caramulo.

Por outro lado, além das áreas xistentas propriamente ditas, existem nesta região zonas, por vezes extensas, onde massas graníticas alternam com manchas de xistos, de maneira sistemática e sem que se torne possível a sua individualização. Segundo Ávila Martins (1962), estas zonas são designadas de “zonas xisto-granito-migmatíticas”. Estas ocupam larga extensão na região a norte do Caramulo, abrangendo as áreas de Rebordinho, Alcofra e Sobreiro, onde estão incluídos os afloramentos graníticos estudados.

Ocorrem também nesta zona, aspetos de injeção de material pegmatítico no seio do granito. Os pegmatitos são essencialmente formados por quartzo e feldspato, apresentando dimensões normalmente inferiores a 5 cm.

Embora a maior parte da região seja constituída por rochas graníticas, a sua distribuição mostra grande irregularidade, existindo largos afloramentos que seguem a mancha granítica principal (Campia) e outros que surgem isoladamente (como é o caso do granito que aflora na pedreira de Rebordinho). Ávila Martins individualizou diversas unidades, tendo como base a mineralogia e a textura dos granitos existentes. No entanto, e como forma de simplificação e adaptação à sistemática mais atualizada dos granitos da ZCI, neste trabalho foram adotadas as designações que constam no mapa da Figura II.5.

Os granitos que afloram na região pertencem ao grupo dos granitoides sintectónicos com a 3ª fase de deformação varisca, predominando na área os granitos de duas micas. Dentro destes, dominam os granitos de grão médio mas ocorrem também granitos de grão grosseiro e fino, passando, por vezes, a possuir textura porfíroide. Na maioria dos casos, a passagem de uma fácies a outra, faz-se gradualmente, daí a dificuldade que se encontra em individualizar no terreno os granitos em questão.

CAPÍTULO III

ESTUDO DA FRACTURAÇÃO

CAPÍTULO III – ESTUDO DA FRACTURAÇÃO

O estudo das descontinuidades presentes nos maciços rochosos constitui um dos aspetos de maior importância na sua caracterização geomecânica e na exploração da rocha natural. Com efeito, o conjunto de descontinuidades que afeta um maciço rochoso controla não só as suas propriedades mecânicas, como também a estabilidade dos taludes naturais e de escavação, condicionando a orientação das frentes de exploração e os métodos a ser usados para a extração do material. Por outro lado, a orientação, espaçamento e continuidade das descontinuidades são determinantes no tamanho e na forma dos blocos de rocha extraídos, controlando de modo direto a utilização da matéria-prima obtida (por exemplo, como rocha ornamental ou como áridos para a construção civil).

Em Geologia de Engenharia, o termo “descontinuidade” é usado de forma muito genérica, referindo-se a qualquer estrutura planar de origem mecânico ou sedimentar com resistência nula ou muito baixa (Vallejo et al. 2002). Nesta conceção, falhas, diaclases, superfícies de estratificação e de xistosidade ou contactos litológicos constituem diferentes tipos de descontinuidades. No caso das rochas graníticas, as descontinuidades mais comuns são as diaclases e, por isso, neste tipo de materiais costuma-se falar em “estudo do diaclasamento” ou “estudo da fracturação”, em lugar de “estudo das descontinuidades”.

As diaclases são superfícies de fratura onde não existe movimentação apreciável. Nos corpos graníticos, a génese destas estruturas pode estar ligada a processos magmáticos (diaclases primárias, Marre, 1982) e apresentam relações geométricas características com as estruturas fluidais. Contudo, ocorrem também diaclases formadas com o magma completamente cristalizado, devidas a tensões que atuaram após a instalação da intrusão (diaclases secundárias, Marre, 1982). Neste último grupo podem ser incluídas as diaclases sub-paralelas à superfície topográfica que se observam na maior parte dos maciços graníticos as quais são interpretadas como resultantes da expansão causada pelo alívio de carga em virtude da remoção pela erosão das rochas suprajacentes ao plutão.

O estudo da fracturação do granito de Campia foi desenvolvido em duas fases complementares. Numa primeira fase, relativa ao trabalho de campo, efetuou-se um reconhecimento geológico da área, seleccionaram-se dois locais de estudo e procedeu-se à recolha dos dados. Na segunda fase, procedeu-se ao processamento, análise e

interpretação dos dados. Neste capítulo são referidos os métodos e técnicas utilizadas e apresentam-se os resultados obtidos.

III.1 – TRABALHO DE CAMPO

O trabalho de campo teve início com um reconhecimento da área seleccionada de forma a proceder à escolha de afloramentos passíveis de serem estudados de acordo com os objetivos propostos. Neste sentido, foram procurados afloramentos cujo grau de alteração não fosse muito elevado e onde fossem visíveis as principais famílias de diaclases e, ainda, por questões logísticas, que tivessem um acesso relativamente fácil. Desta forma, e numa fase inicial, foi estabelecida uma equipa de trabalho constituída por mim própria e pelos docentes Beatriz Aguado e Jorge Medina, responsáveis pela orientação deste projeto, que me acompanharam durante a referida escolha dos locais de estudo.

Foram utilizadas as cartas topográficas na escala 1:25000, nº187 – Guardão (Tondela) e nº176 – Oliveira de Frades, do Instituto Geográfico do Exército, como auxiliares de orientação e para a implantação e localização dos pontos observados. A cartografia geológica de base usada foi o mapa geológico na escala de 1:50000 da região do Caramulo, efetuado por J. Ávila Martins em 1959 e publicado pela Junta de Energia Nuclear em 1962.

Estes mapas foram introduzidos e devidamente georeferenciados num Sistema de Informação Geográfica (SIG) utilizando o programa *ARCGIS* versão 9.3.1 (*ESRI*TM) disponibilizado pela Universidade de Aveiro. O mapa geológico original de Ávila Martins foi redesenhado, tendo-se procedido a ligeiras modificações no sentido de simplificar as unidades de granitos individualizadas pelo autor e de o adaptar à terminologia atualmente estabelecida para os granitoides do norte e centro de Portugal. Esta tarefa, apesar de morosa, permitiu por um lado adquirir competências em SIG e por outro, implantar de modo rigoroso a geologia da área nas cartas topográficas 1:25000, facilitando significativamente o trabalho de reconhecimento geológico e de seleção de afloramentos.

Foram definidos como locais de estudo, cumprindo as especificações desejadas, uma pedreira situada na localidade de Rebordinho, a qual vai ser referida como Estação 1 (E1) e a barreira de uma estrada nova que rodeia a povoação de Campia, a qual será designada como Estação 2 (E2) (Figuras II.5, III.1 e III.2).



Figura III.1 – Pedreira de Rebordinho (Estação 1).



Figura III.2 – Pormenor de afloramento na localidade de Campia (Estação 2).

As respetivas coordenadas encontram-se na Quadro III.1. Os dois locais situam-se em afloramentos de granitos variscos de duas micas, sin-D3, com características macroscópicas e petrográficas muito semelhantes, embora a pedreira de Rebordinho esteja implantada num corpo isolado de dimensões reduzidas (área aflorante de aproximadamente 0,17 Km²) enquanto a estrada (Estação 2) está situada num maciço muito maior, que se estende desde as proximidades do Porto, a NW, até perto de Tomar, a SE.

Para além da recolha dos dados visando o estudo da fracturação, durante o trabalho de campo efetuou-se na pedreira de Rebordinho a recolha de amostras frescas e representativas para o estudo petrográfico e para a realização dos ensaios tecnológicos tratados no capítulo seguinte.

Quadro III.1 – Coordenadas UTM WGS84 dos locais estudados.

	UTM WGS 84	
	Extremo N	Extremo S
Pedreira de Rebordinho	29 564184 E 45 00477 N	29 564168 E 45 00384 N
	Extremo NW	Extremo SE
Estrada de Campia	29 566895 E 45 03263 N	29 566747 E 45 02206 N

III.1.1 – DESCRIÇÃO DOS AFLORAMENTOS

A pedreira de Rebordinho (Estação 1), da empresa Pedreiras do Fragoso, Lda, esteve em exploração até 2009/2010, extraindo matéria-prima para brita e outros inertes destinados à construção civil. Apesar de se encontrar atualmente vedada, o acesso é facilitado pelo vigilante que a empresa mantém no local, desde que se tenha solicitado a autorização prévia.

O desmonte principal, a uma cota de 464 m, realiza-se em duas frentes: a de maior dimensão (cerca de 90 m de comprimento) com orientação, aproximadamente, N-S e a outra (cerca de 20 m de comprimento) com direção ENE-WSW.

A rocha é bastante homogénea do ponto de vista mineralógico e textural, tratando-se de um granito de grão médio com proporções equivalentes de moscovite e biotite. Contudo, é bastante frequente a ocorrência de pequenos encraves biotíticos distribuídos aleatoriamente na massa rochosa (Figura III.3), conferindo assim alguma heterogeneidade ao aspeto do granito. A rocha apresenta no afloramento uma estrutura isotrópica, não tendo sido observada qualquer orientação preferencial nem dos minerais constituintes do granito nem dos seus encraves, o que sugere uma idade de instalação do magma bastante tardia relativamente a última fase de deformação dúctil (D3) que afetou a região. Neste local, observam-se alguns veios pegmatíticos, de espessura centimétrica e pouca continuidade, com direção NE-SW e inclinação 42° a 46° NW (Figura III.4) e, ainda, ocorre um filão de quartzo com ~50 cm de espessura e atitude 110°, 20° S.

Para completar a descrição de campo desta estação foi efetuada a caracterização do estado de alteração das rochas expostas nas frentes de exploração da pedreira. Para o efeito foi realizada uma montagem fotográfica de forma a obter uma única imagem dos afloramentos estudados. No campo, sobre a imagem impressa, foram delimitadas zonas

do maciço rochoso com diferentes graus de alteração, seguindo os critérios e terminologia da International Society of Rock Mechanics (ISRM) (Quadro III.2). O resultado obtido mostra-se na Figura III.5.



Figura III.3 – Encraves biotíticos dispersos no granito.



Figura III.4 – Veio pegmatítico constituído por quartzo e feldspato.

Quadro III.2 – Classificação do grau de meteorização dos maciços rochosos (ISRM, 1981).

Símbolos	Designações	Descrição
W_1	São	Sem quaisquer sinais de alteração.
W_2	Pouco alterado	Sinais de alteração apenas nas imediações das descontinuidades.
W_3	Medianamente alterado	Alteração visível em todo o maciço rochoso mas a rocha não é friável.
W_4	Muito alterado	Alteração visível em todo o maciço e a rocha é parcialmente friável.
W_5	Decomposto	O maciço apresenta-se completamente friável, praticamente com comportamento de solo.

O estado de alteração das rochas é muito variável, tendo-se verificado a alternância de zonas com graus de alteração diferentes que variam desde o W_2 ao W_4 . De uma forma geral, o maciço apresenta-se ligeiramente alterado, com evidências de alteração mais fortes perto das zonas de descontinuidade, que correspondem a zonas de maior fragilidade do maciço e por onde a água se pode infiltrar. O extremo sul da frente da exploração da pedreira é o sector onde o grau de alteração é maior, onde se verifica que a humidade é maior, uma vez que essa secção é mais sombria, e também porque aparenta corresponder a uma das primeiras zonas da frente onde a exploração foi abandonada, estando portanto sujeita aos agentes erosivos há mais tempo.

A estrada que rodeia a povoação de Campia (Estação 2) segue no sector estudado uma direcção geral NW-SE. As observações e obtenção de dados foram realizadas nos afloramentos, praticamente contínuos, nos taludes da estrada, ao longo de cerca de 1 km. No local predomina um granito de grão médio, de duas micas, macroscopicamente igual ao granito da pedreira de Rebordinho (Estação 1). No entanto, aqui observa-se alguma heterogeneidade textural do maciço rochoso. Com efeito, em algumas zonas, aflora também um granito de grão mais grosseiro, de duas micas e textura porfiroide (Figura III.6). Tal facto deve-se a que a estrada está localizada na zona de contacto, ou muito próxima dela, entre dois granitos de fácies diferentes, um porfiroide e outro não porfiroide (Figura II.5).

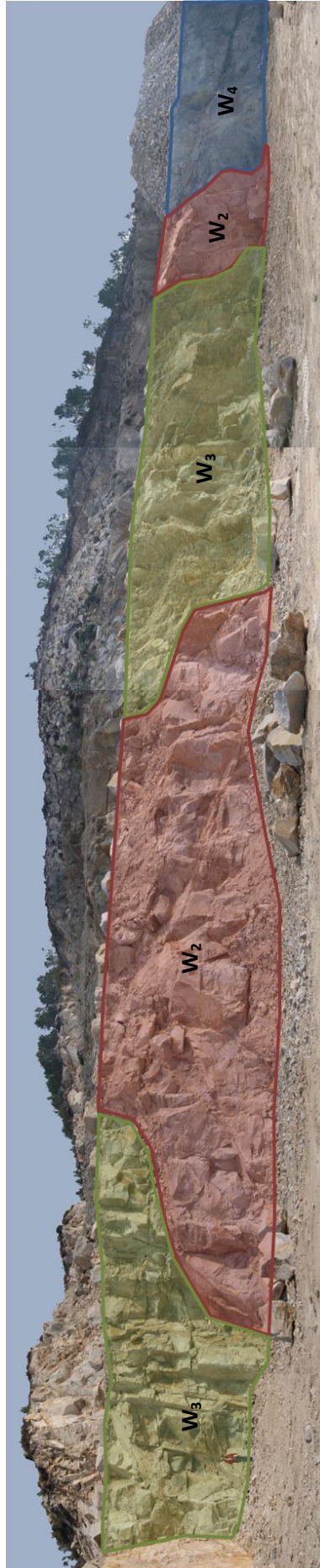


Figura III.5 – Perfis de alteração na Pedreira de Rebordinho (E1).

As relações temporais entre as duas intrusões são ambíguas pois umas vezes é o granito de grão médio que rodeia o porfiroide e noutras situações sucede o contrário, sugerindo uma contemporaneidade de instalação. Saliente-se contudo que no granito porfiroide os megacristais de feldspato apresentam uma orientação preferencial, conferindo a esta rocha uma foliação, possivelmente de fluxo magmático, com atitude 125° , vertical. Em contraste, na fácies dominante (o granito de grão médio não porfiroide) a estrutura é isotrópica.



Figura III.6 – Granito porfiroide na estrada de Campia (E2).

Nas barreiras da estrada de Campia ocorrem também filões pegmatíticos de pequenas dimensões, com orientações NE-SW, $\sim 60^\circ$ SE e NW-SE, sub-verticais (Figura III.7).

Para a caracterização do estado de alteração das rochas expostas nesta estação foi usada a metodologia antes descrita. Ao longo da barreira de estrada correspondente à estação 2, o granito aflorante apresenta graus de alteração diferentes, indo desde o W_2 ao W_5 , sendo que, de uma forma geral, este se encontra mais alterado que o granito existente na estação 1. São predominantes as zonas com grau de alteração W_3 , sendo também muito recorrentes secções onde o maciço se mostra parcialmente friável (W_4). Existe apenas uma zona onde o grau de alteração se pode considerar W_2 , que

corresponde a uma região onde a barreira da estrada apresenta maior desenvolvimento em altura, sendo assim menos representativos os efeitos da erosão superficial existente antes da abertura da estrada.



Figura III.7 – Pequeno filão pegmatítico nos afloramentos da estrada de Campia.

III.1.2 – ESTUDO DA FRATURAÇÃO E OBTENÇÃO DE DADOS

As discontinuidades, em particular as diaclases no caso dos granitos, condicionam fortemente as propriedades geotécnicas dos maciços rochosos, conferindo-lhes um comportamento, em termos de deformabilidade, resistência ao corte e permeabilidade substancialmente diferente da rocha que constitui esses maciços.

A metodologia e conjunto de parâmetros geológicos-geotécnicos usados para a descrição quantitativa das diaclases do granito nos dois locais estudados seguem as

recomendações e classificações da International Society of Rock Mechanics (ISRM), publicadas em 1978 e 1981. Deste modo, durante o trabalho de campo foi feito o registo da orientação, espaçamento, continuidade, rugosidade, abertura e preenchimento das diaclases.

Atitude ou orientação

A atitude ou orientação de um plano de descontinuidade é dada pela sua direção e pelo seu pendor (inclinação) (Figura III.8). A direção é o ângulo entre a linha horizontal contida no plano e o norte geográfico. O pendor representa o declive máximo da superfície (ângulo β da Figura III.8). O pendor é medido com o clinómetro da bússola de geólogo num plano vertical perpendicular à direção da descontinuidade.

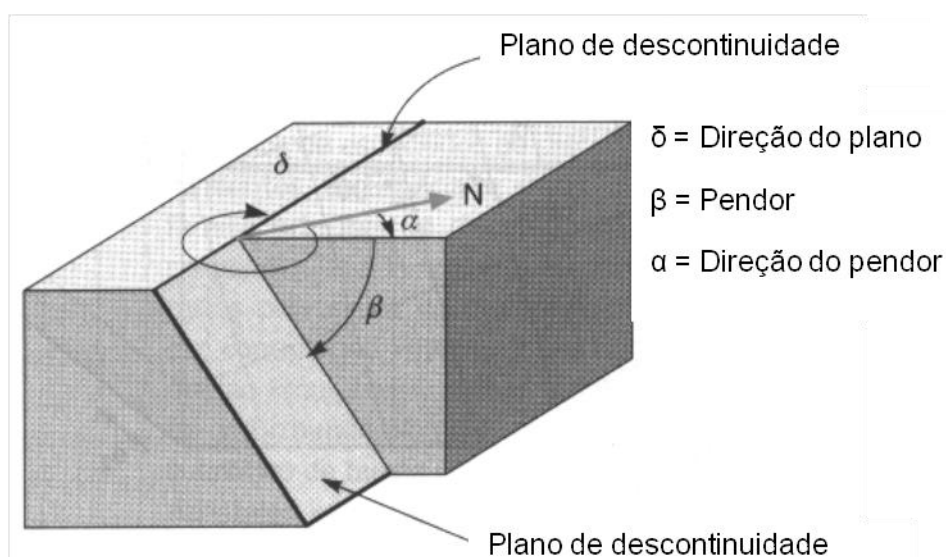


Figura III.8 – Ângulos envolvidos na definição da orientação de um plano de descontinuidade.
Extraído de Vallejo et al. (2002).

Para uma melhor caracterização do maciço rochoso, é conveniente efetuar o maior número de medições possível, pelo que após o trabalho, normalmente, dispõe-se de uma quantidade significativa de dados que é necessário apresentar de forma apropriada para que seja possível a sua análise. Os diagramas mais utilizados na representação de dados de orientação são os diagramas de roseta e as projeções estereográficas.

O diagrama em roseta é na realidade um histograma com forma circular, pelo que a visualização das direcções dominantes das discontinuidades é bastante imediata (Figura III.9). Tem a desvantagem de proporcionar uma informação incompleta, já que não são representados os dados relativos à inclinação dos planos. As direcções das diaclases estão representadas na circunferência do diagrama (Norte nos 0°, Sul nos 180°, no sentido dos ponteiros do relógio). A quantidade de dados correspondentes a um determinado intervalo de direcções é dada pelo comprimento da respectiva pétala, desde o centro (0%) até a periferia (100%).

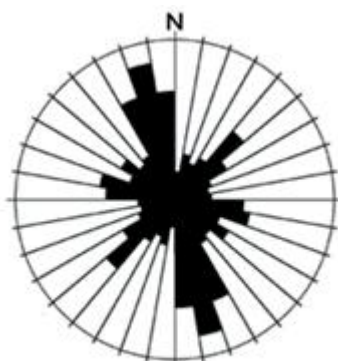


Figura III.9 – Exemplo de um diagrama de roseta mostrando as direcções de 110 diaclases. Extraído de Giorgio et al. (2003).

A projecção estereográfica permite representar dados de orientação tridimensionais (direcção e pendor) de estruturas planares e lineares. Os fundamentos deste tipo de projecção estão esquematizados na Figura III.10. Imagine-se um plano que passa pelo centro de uma esfera (Figura III.10.a). A linha de intersecção do plano com a superfície da esfera é um círculo, designado como *círculo maior*. Em geologia costuma-se usar o hemisfério inferior da esfera, como ilustrado na Figura III.10.b. O plano de projecção é um plano horizontal que passa pelo centro da esfera e a intersecta num círculo horizontal, chamado *círculo primitivo*. Para se obter a projecção, conecta-se o zénite da esfera com o círculo maior (linhas vermelhas na Figura III.10.c), obtendo-se na superfície horizontal a projecção estereográfica do plano (Figura III.10.d).

Quando o número de dados de orientação é grande, torna-se mais adequado representar os pólos das diaclases (linhas perpendiculares aos planos), os quais aparecem na projecção estereográfica como pontos localizados no quadrante diametralmente oposto ao pendor do plano (Figura III.11).

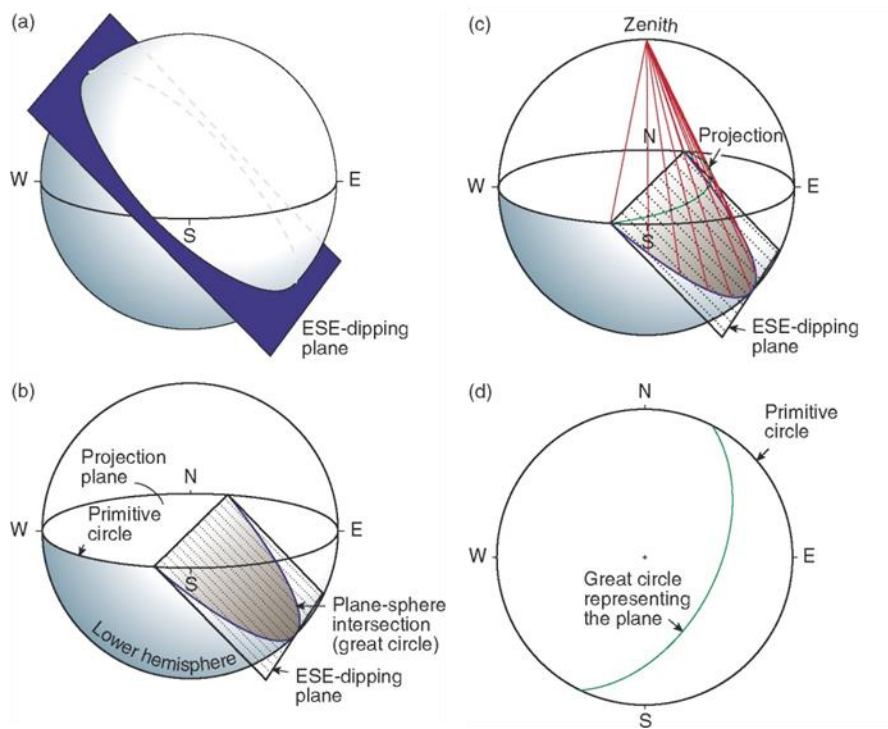


Figura III.10 – Projeção estereográfica de um plano com direção NNE-SSW e inclinação para SE. Extraído de Fossen (2010).

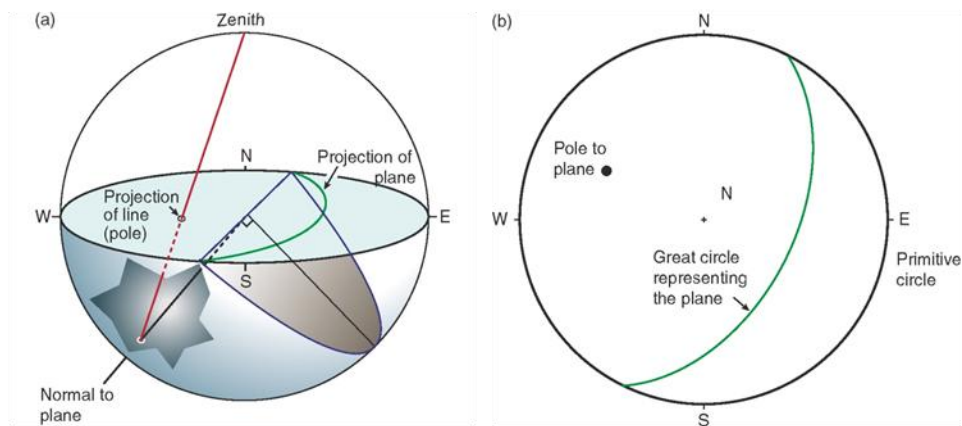


Figura III.11 – Projeção estereográfica de uma linha, neste caso a normal ou pólo do plano. Extraído de Fossen (2010).

Para se proceder à projeção estereográfica são usadas dois tipos de redes, a de Wulff (rede de igual ângulo) e a de Schmidt (rede de igual área) (Figura III.12). Esta última é a que costuma ser utilizada quando se pretende avaliar as concentrações de dados estruturais em torno de determinadas orientações e para desenhar diagramas de

igual concentração de pólos. A projeção dos dados pode ser feita manualmente, mas na atualidade existem numerosos programas informáticos que facilitam o processo e permitem um tratamento estatístico dos dados. Neste trabalho foi usado o programa “Stereo32 version 1.0.3”, disponível gratuitamente em <http://www.ruhr-uni-bochum.de/hardrock/downloads.html>. Uma explicação detalhada das técnicas de projeção estereográfica pode ser encontrada em diversos manuais (por exemplo, Lisle & Leyshon, 2004, Ragan, 2009).

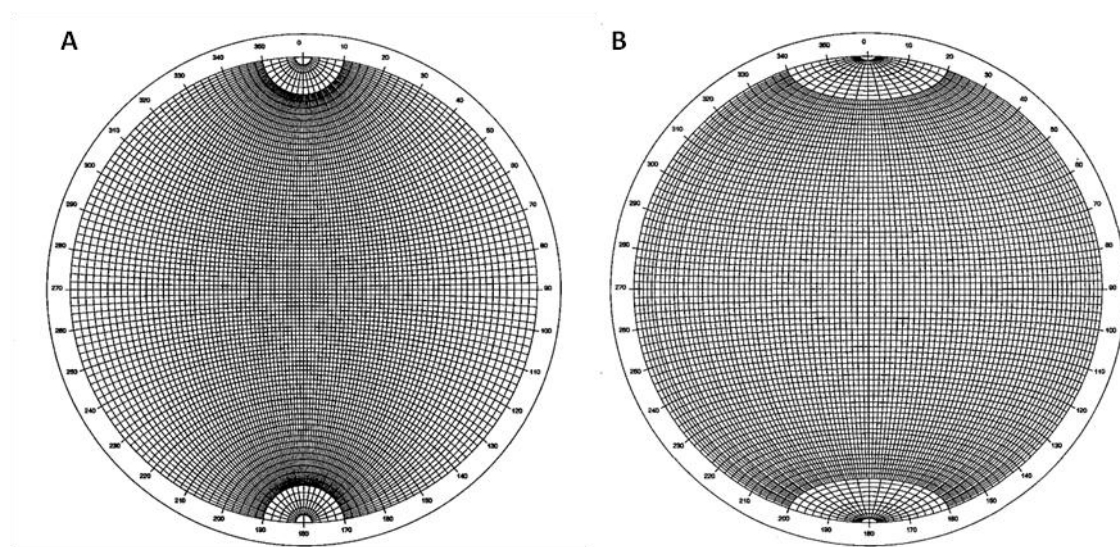


Figura III.12 – Redes de projeção equatorial: A – de igual ângulo (Wulff); B – de igual área (Schmidt).

A representação dos dados de orientação em diagramas como os descritos permite a definição das famílias de diaclases presentes num maciço rochoso assim como a determinação da sua importância relativa. Entende-se por família de diaclases o conjunto destas estruturas com, aproximadamente, a mesma orientação. A maior parte dos parâmetros que se descrevem são estabelecidos para cada família, por isso, a aquisição dos dados de orientação deverá ser o primeiro passo no estudo da fracturação dos maciços rochosos.

Espaçamento

O espaçamento corresponde à distância média, medida na perpendicular, entre duas descontinuidades consecutivas da mesma família (Figura III.13).

Este parâmetro pode alterar o comportamento global do maciço rochoso e determina o tamanho dos blocos de matriz rochosa que resultam da intersecção entre as diferentes famílias de planos de descontinuidade. O espaçamento tem influência na resistência, na deformabilidade e na permeabilidade do maciço. Um espaçamento pequeno traduz-se numa perda de “coesão” do maciço rochoso.

No estudo do espaçamento, assim como de outras características dos maciços rochosos que apresentam valores com alguma dispersão, é comum proceder-se a uma análise da distribuição dos valores obtidos para cada família, que normalmente são representados através de histogramas de frequência. Assim sendo, o espaçamento, tendo em conta o valor medido mais frequente, pode ser caracterizado segundo as designações indicadas no Quadro III.3.

Quadro III.3 – Descrição do espaçamento (Vallejo et al., 2002)

Descrição	Espaçamento (mm)
Extremamente próximas	< 20
Muito próximas	20 – 60
Próximas	60 – 200
Moderadamente afastadas	200 – 600
Afastadas	600 – 2.000
Muito afastadas	2.000 – 6.000
Extremamente afastadas	> 6.000

Continuidade

A continuidade ou persistência de uma descontinuidade refere-se ao seu tamanho (Figura III.13) e costuma ser estimada através da medição da extensão máxima que se observa no afloramento. Pode ser difícil de quantificar uma vez que pode ser maior do que o afloramento.

Dado que a superfície de descontinuidade é, em geral, uma superfície de baixa resistência, a sua dimensão em face da dimensão do problema em estudo é um fator extremamente importante. As descontinuidades mais extensas, como é fácil de compreender, são aquelas que mais condicionam os planos de rotura do maciço, podendo influenciar a resistência e a deformabilidade do mesmo.



Figura III.13 – Pormenor de algumas características das descontinuidades: espaçamento (verde) e continuidade (vermelho).

De acordo com o valor mais frequente do comprimento do traço das descontinuidades pertencentes a uma mesma família, é usual utilizar a terminologia proposta pela ISRM (1981) para descrever a continuidade ou persistência das descontinuidades (Quadro III.4).

Quadro III.4 – Descrição da continuidade (ISRM, 1981)

Continuidade	Comprimento (m)
Muito baixa	< 1
Baixa	1 – 3
Média	3 – 10
Alta	10 – 20
Muito alta	> 20

Rugosidade

A superfície das paredes das discontinuidades e, em particular das diaclases, apresentam, em geral, irregularidades várias, como ondulações e asperidades.

A rugosidade é um fator com especial incidência na resistência ao corte de uma discontinuidade, especialmente se esta não estiver preenchida. A rugosidade aumenta a resistência ao corte, que decresce com o aumento da abertura e, no geral, com a espessura do preenchimento. A importância deste parâmetro como fator favorável ao escorregamento diminui com o aumento da abertura e da espessura do enchimento.

O número de medições tem que ser significativo, por forma a obter dados representativos, devendo ser efetuadas sobre o plano da diaclase. Dependendo da exatidão requerida, da escala da medida e da acessibilidade ao afloramento, podem ser usados diferentes métodos para quantificar a rugosidade (ver, por exemplo, Vallejo et al. 2002). O método mais simples e rápido é a sua descrição visual usando como referência os perfis de rugosidade esquematizados na Figura III.14 e as respetivas designações.

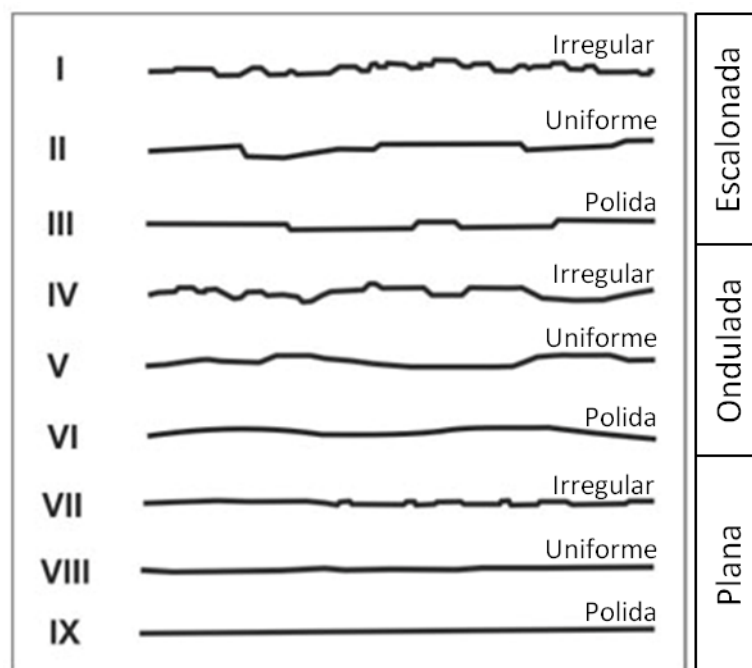


Figura III.14 – Classificação da rugosidade (ISRM, 1981).

Abertura e preenchimento

A abertura corresponde à distância, medida na perpendicular, entre as paredes adjacentes de uma discontinuidade cujo espaço livre pode ser ocupado por ar ou água

(Figura III.15). O preenchimento diz respeito ao material que, tal como o nome indica, preenche o espaço correspondente à abertura. Este é constituído, normalmente, por materiais brandos argilosos ou material rochoso de natureza igual ou diferente da rocha envolvente.

Relativamente à abertura, esta pode variar muito, dependendo da zona do maciço onde se encontra, ou seja, é usual encontrarem-se diaclases com maior abertura junto da superfície topográfica do maciço e menor em profundidade, podendo mesmo chegar ao extremo de se encontrarem fechadas. Neste caso, o que se costuma quantificar é a abertura média.

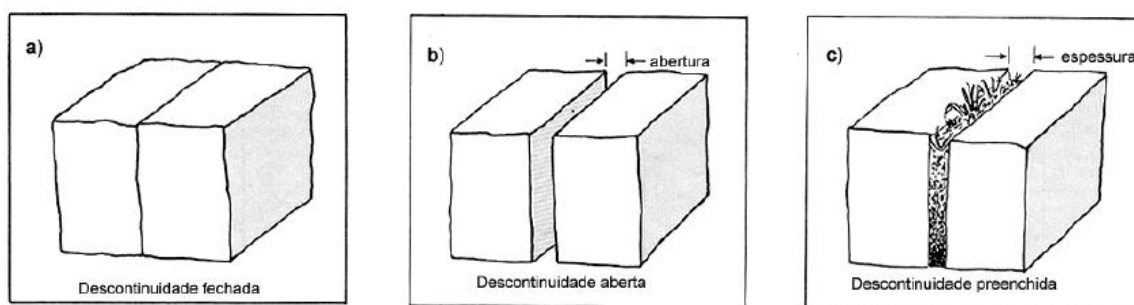


Figura III.15 – Representações esquemáticas da abertura e espessura do preenchimento (Campos, 1992).

As aberturas das diaclases podem ser resultado de vários processos geológicos, nomeadamente, movimentos gerados por tensões de tração, arrastamento de materiais de enchimento (argila, por exemplo), fenómenos de solução e processos de crioclastia. A abertura tem influência na resistência ao deslizamento já que a uma maior abertura corresponde uma diminuição de contactos entre as paredes da descontinuidade.

Dependendo do valor da abertura, são atribuídas as designações da ISRM (Quadro III.5).

Quadro III.5 – Descrição da Abertura (ISRM, 1981).

Designação	Abertura (cm)
Muito fechadas	< 0,01
Fechadas	0,01 – 0,025
Parcialmente fechadas	0,025 – 0,05
Abertas	0,05 – 0,25
Larga	0,25 – 1
Muito Larga	1 – 10
Extremamente larga	10 – 100
Cavernosa	> 100

Pelo seu lado, o preenchimento pode condicionar o comportamento do maciço em termos de resistência ao corte, uma vez que o material de preenchimento, pode ser de natureza rochosa, por vezes mais resistente e menos deformável do que o restante material envolvente, ou de natureza argilosa de elevada deformabilidade e baixa resistência ao corte.

A abertura e o tipo de preenchimento das discontinuidades influenciam todos os parâmetros geotécnicos de um maciço.

III.2 – RESULTADOS OBTIDOS

As principais características das diaclases observadas durante o trabalho de campo foram devidamente tratadas e os resultados obtidos serão seguidamente apresentados para cada uma das estações estudadas.

Os dados relativos à atitude das fraturas encontram-se no Anexo 1 e foram inseridos no programa Stereo32, versão 1.0.2, a partir do qual foi possível obter projeções estereográficas dos pólos dos planos de diaclases medidos e respetivos diagramas de isodensidades, permitindo assim identificar o número de famílias existentes em cada estação. Neste trabalho utilizou-se a rede de Schmidt, de igual área, no hemisfério inferior.

Para representar os dados relativos aos restantes parâmetros, foram utilizados histogramas de frequência, para cada uma das famílias, com indicação da atitude das mesmas.

III.2.1 – Estação 1: Pedreira de Rebordinho (E1)

Neste local, foram identificadas três famílias principais de diaclases. Este resultado pode ser confirmado pela análise do estereograma da Figura III.16, que confirma assim a existência de duas famílias de diaclases sub-verticais: família 1, com atitude média 107° , 84° S, e a família 3, com orientação média 047° , 70° NW. Esta última apresenta maior representatividade, aspeto este que pode ser confirmado no respetivo estereograma. Verificou-se também a existência de uma terceira família (família 2), sub-horizontal (com pendores inferiores a 30°), menos significativa, com orientação média 066° , 8° NW.

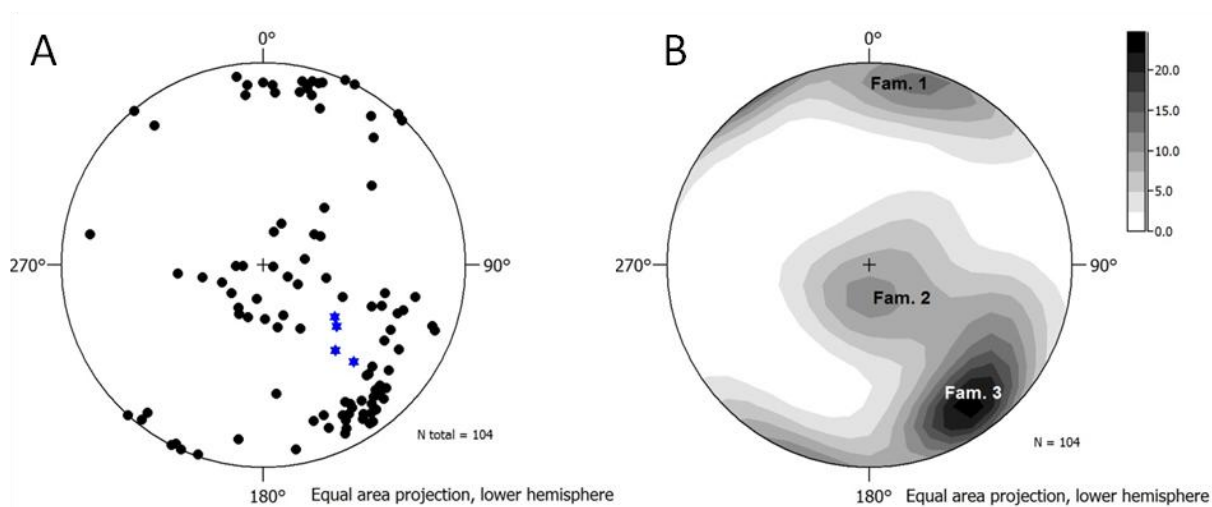


Figura III.16 – A: Estereograma com a projeção dos pólos das diaclases da pedra de Rebordinho (E1). Os pontos em azul representam os pólos de diaclases preenchidas com pegmatitos. B: Diagrama de contornos com a definição das famílias de diaclases.

Neste local de estudo, é visível a predominância do espaçamento entre diaclases entre os 20 e os 60 cm (Figuras III.17 e III.18), sendo que as categorias com valores superiores são também significativas, especialmente na família 3. Assim sendo, é possível considerar que as descontinuidades são moderadamente afastadas a afastadas (Quadro III.3). Nas famílias de diaclases com menores valores de espaçamento existe uma maior condutividade hidráulica, o que vai contribuir para a perda de alguma coesão do maciço rochoso. É ainda importante referir a existência de alguma dispersão de valores que se traduz numa irregularidade no espaçamento.

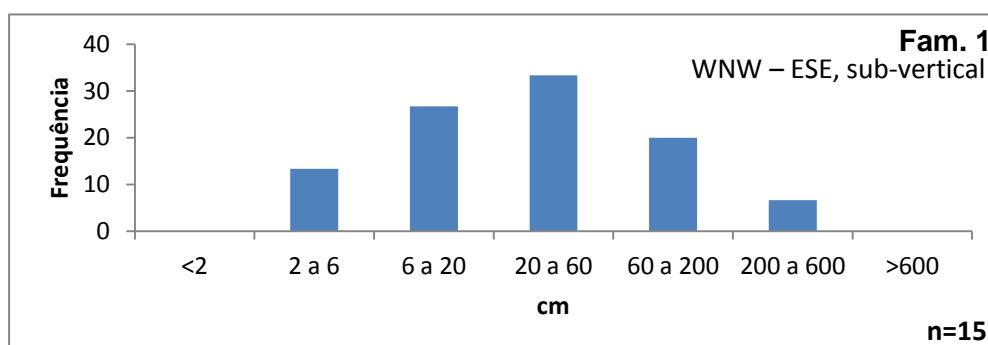


Figura III.17 – Estação 1 (Pedreira de Rebordinho): Histograma de frequência dos espaçamentos entre diaclases da família 1.

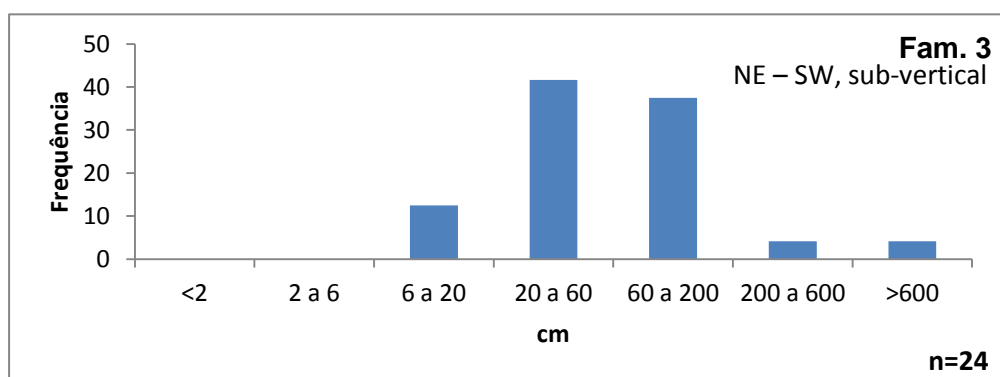
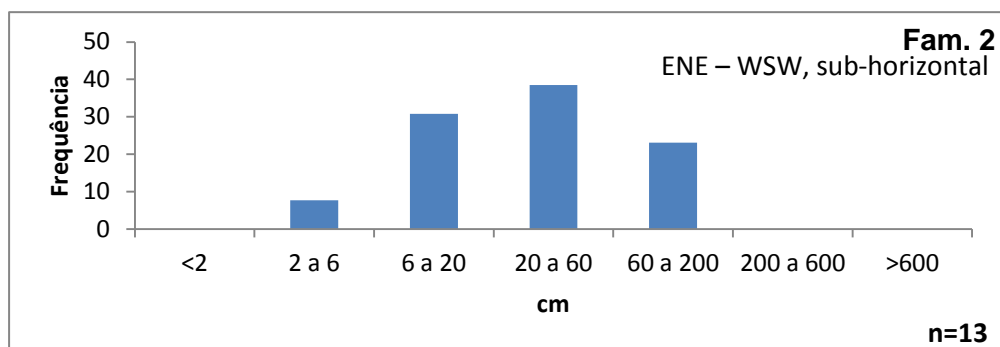


Figura III.18 – Estação 1 (Pedreira de Rebordinho): Histogramas de frequência dos espaçamentos entre diaclases das famílias 2 e 3.

No que diz respeito à continuidade (Figuras III.19 e III.20), as duas categorias mais abundantes são aquelas em que as diaclases têm uma continuidade entre 1-3 m e 3-10 m, sendo a continuidade classificada como baixa a média (Quadro III.4). Note-se, contudo, que na família dominante (Família 3), cerca de 77% das diaclases apresentam uma continuidade superior a 3 metros.

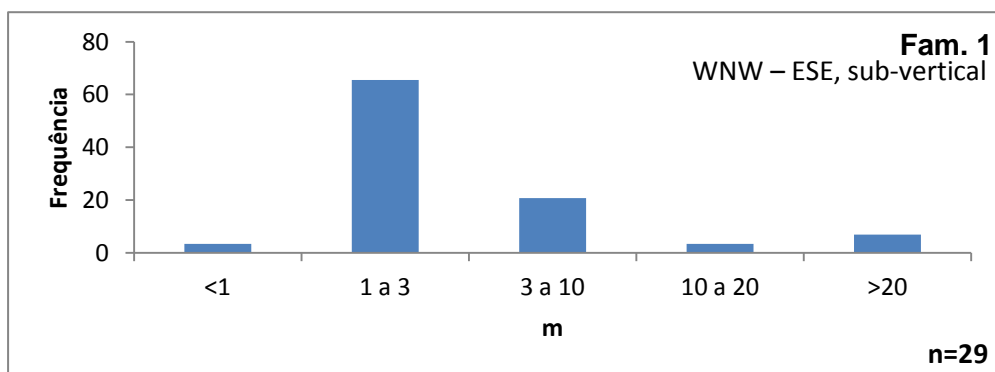


Figura III.19 – Estação 1 (Pedreira de Rebordinho): Histograma de frequência da continuidade das diaclases da família 1.

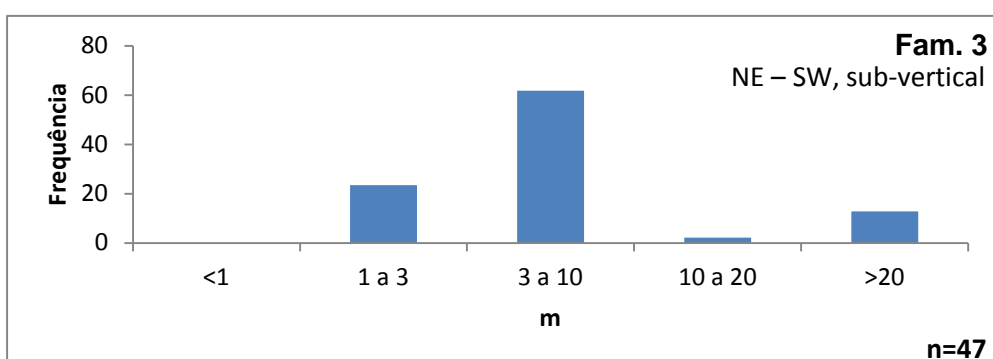
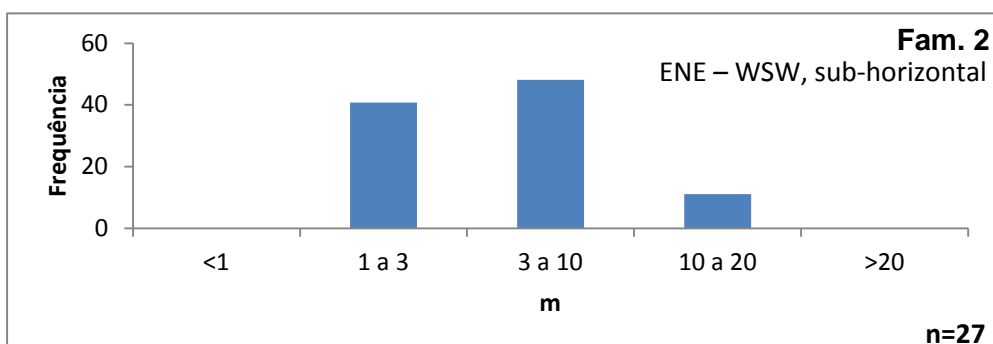


Figura III.20 – Estação 1 (Pedreira de Rebordinho): Histogramas de frequência da continuidade das diaclases das famílias 2 e 3.

A rugosidade das superfícies das diaclases é predominantemente ondulada, maioritariamente dos tipos uniforme (V) e polida (VI) (Figuras III.14, III.21 e III.22), sendo relativamente possível que possa ocorrer algum movimento entre os blocos adjacentes a uma descontinuidade, uma vez que a resistência oferecida pela rugosidade não é muito elevada.

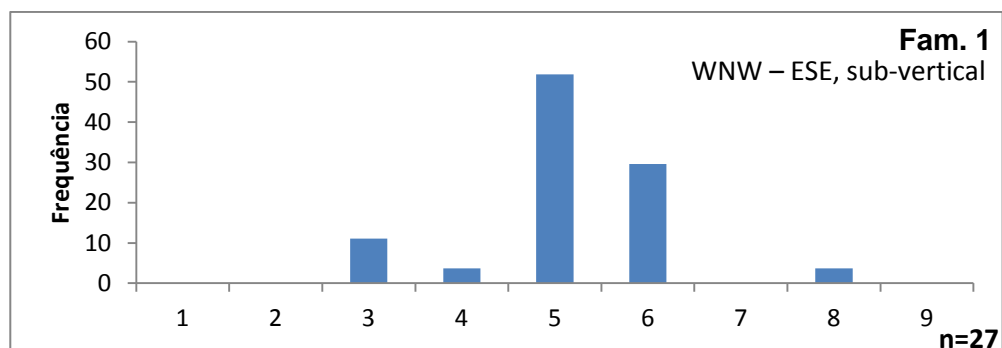


Figura III.21 – Estação 1 (Pedreira de Rebordinho): Histograma de frequência da rugosidade das superfícies das diaclases da família 1. Os números em abcissa correspondem à numeração romana da Figura III. 15.

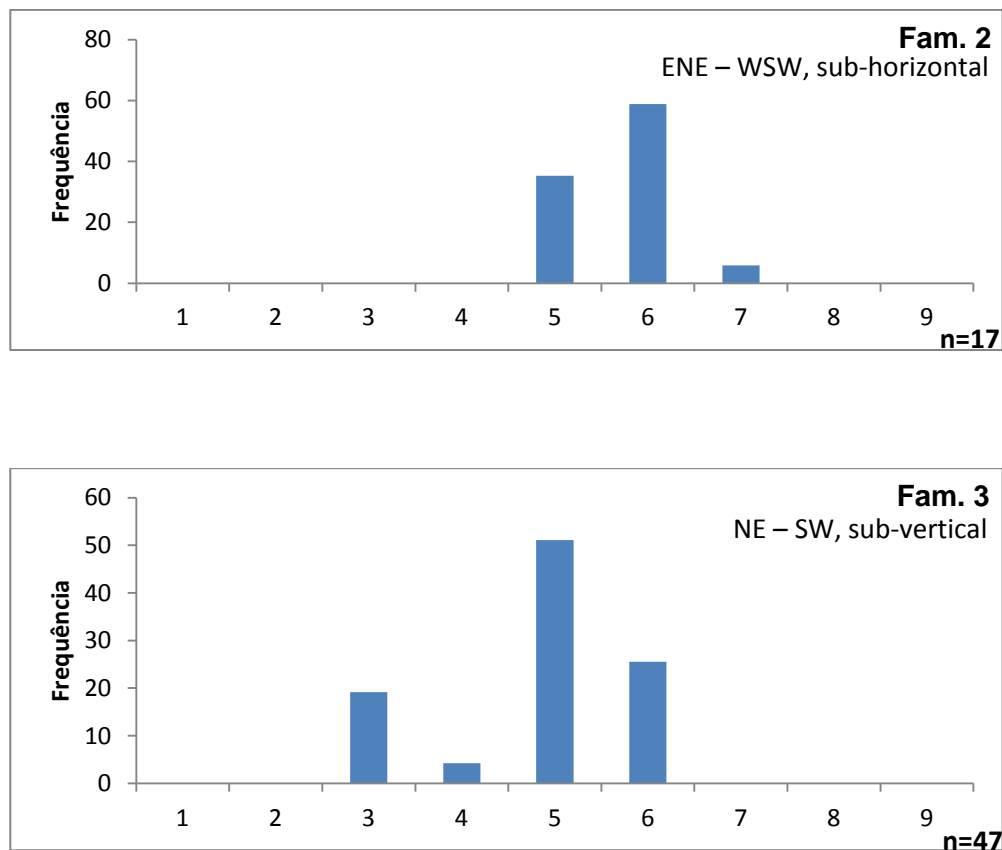


Figura III.22 – Estação 1 (Pedreira de Rebordinho): Histogramas de frequência da rugosidade das superfícies das diaclases das famílias 2 e 3. Os números em abcissa correspondem à numeração romana da Figura III. 15.

Os dados relativos à abertura encontram-se na Figura III. 23. Como se verifica, nas três famílias ocorrem diaclases muito fechadas, cuja abertura não ultrapassa os 0,01 cm, mas, por outro lado, também se verifica a existência de um número bastante significativo de descontinuidades com aberturas médias entre os 0,25 e os 10 cm, correspondendo a diaclases largas a muito largas. Estas últimas, uma vez que são as mais abundantes vão contribuir para a diminuição dos contatos entre as paredes da descontinuidade, podendo conduzir à perda de coesão do maciço rochoso.

Associado as aberturas de maiores dimensões está também o aumento da percolação da água e consequentemente o aumento do grau de alteração devido aos agentes erosivos.

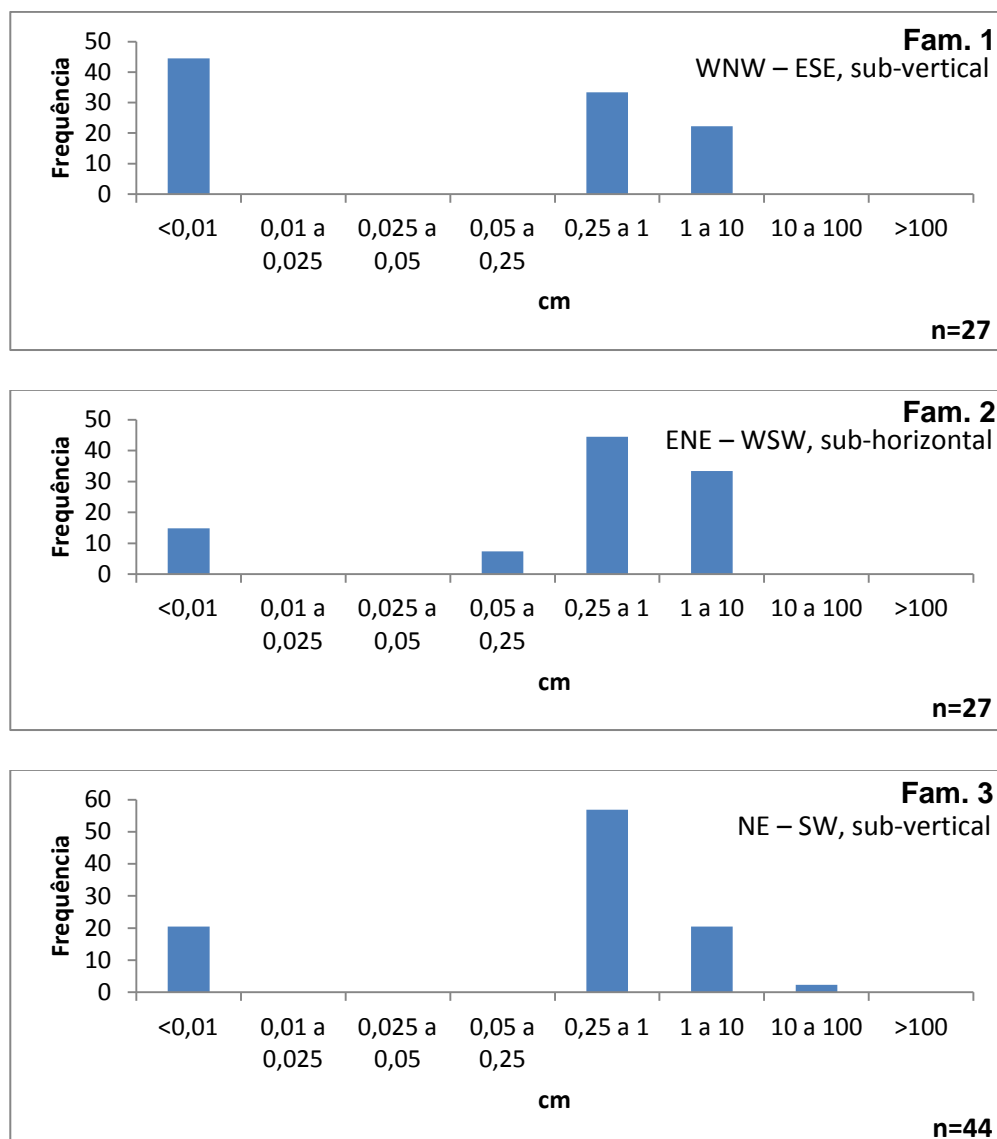


Figura III.23 – Estação 1 (Pedreira de Rebordinho): Histogramas de frequência da abertura das diaclases.

A maioria das diaclases encontra-se preenchida por fragmentos de rocha da mesma natureza da envolvente, por materiais argilosos ou, em menor proporção, por óxidos de ferro. É importante também referir, embora não como material de preenchimento, mas também associado às descontinuidades, a observação de dendrites, o que corrobora a existência de soluções de ferro no local.

Em muitas das situações observadas o preenchimento ocupa todo o espaço correspondente à abertura das diaclases. Tendo em conta que os materiais argilosos são os predominantes como material de preenchimento, este aspeto pode conduzir à diminuição da coesão entre os blocos rochosos.

III.2.2 – Estação 2: Estrada de Campia (E2)

À semelhança do afloramento anteriormente descrito, neste local também foram identificadas três famílias de diaclases.

Através da análise da Figura III.24 é possível verificar a existência das seguintes famílias de diaclases com as correspondentes orientações médias: a família A, NE – SW, com pendores elevados para SE e orientação média 033° , 63° SE; a família B, NW – SE, sub-vertical, com orientação média 123° , 85° N; e a família C, ENE – WSW, com orientação média 070° , 30° NW. Os pendores das diaclases que constituem a família C são bastante diversos (entre 6° e 72°), no entanto, predominam as fraturas com inclinação inferior a 30° (56%), sendo as diaclases com pendor superior a 50° , apenas 14%.

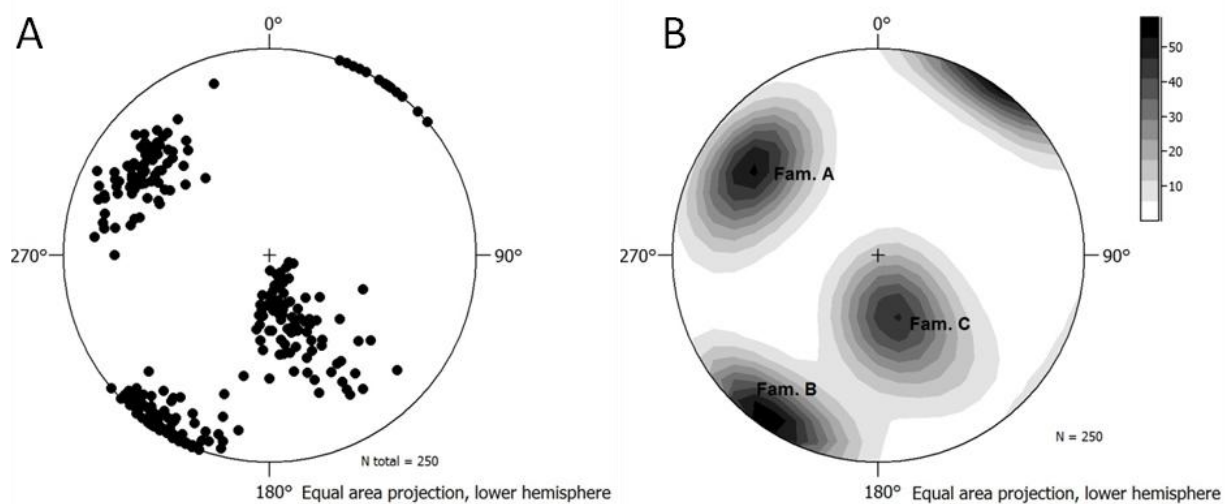


Figura III.24 – A: Estereograma com a projeção dos pólos das diaclases da estrada de Campia (E2). B: Diagrama de contornos com a definição das famílias de diaclases.

Neste local de estudo, é visível uma dispersão dos valores do espaçamento, uma vez que estes se encontram distribuídos, preferencialmente, por em três das categorias estabelecidas, correspondentes a espaçamentos entre os 20-60 cm, 60-200 cm e 200-600 cm (Figura III.25), sendo que se pode admitir que, de uma forma genérica, o espaçamento toma valores acima dos 20 cm. Assim sendo, é possível afirmar que as discontinuidades são desde moderadamente afastadas até extremamente afastadas (Quadro III.3). Neste caso, dado o elevado espaçamento entre diaclases, a diminuição da coesão do maciço rochoso não será tão acentuada como a verificada no afloramento da pedreira de Rebordinho.

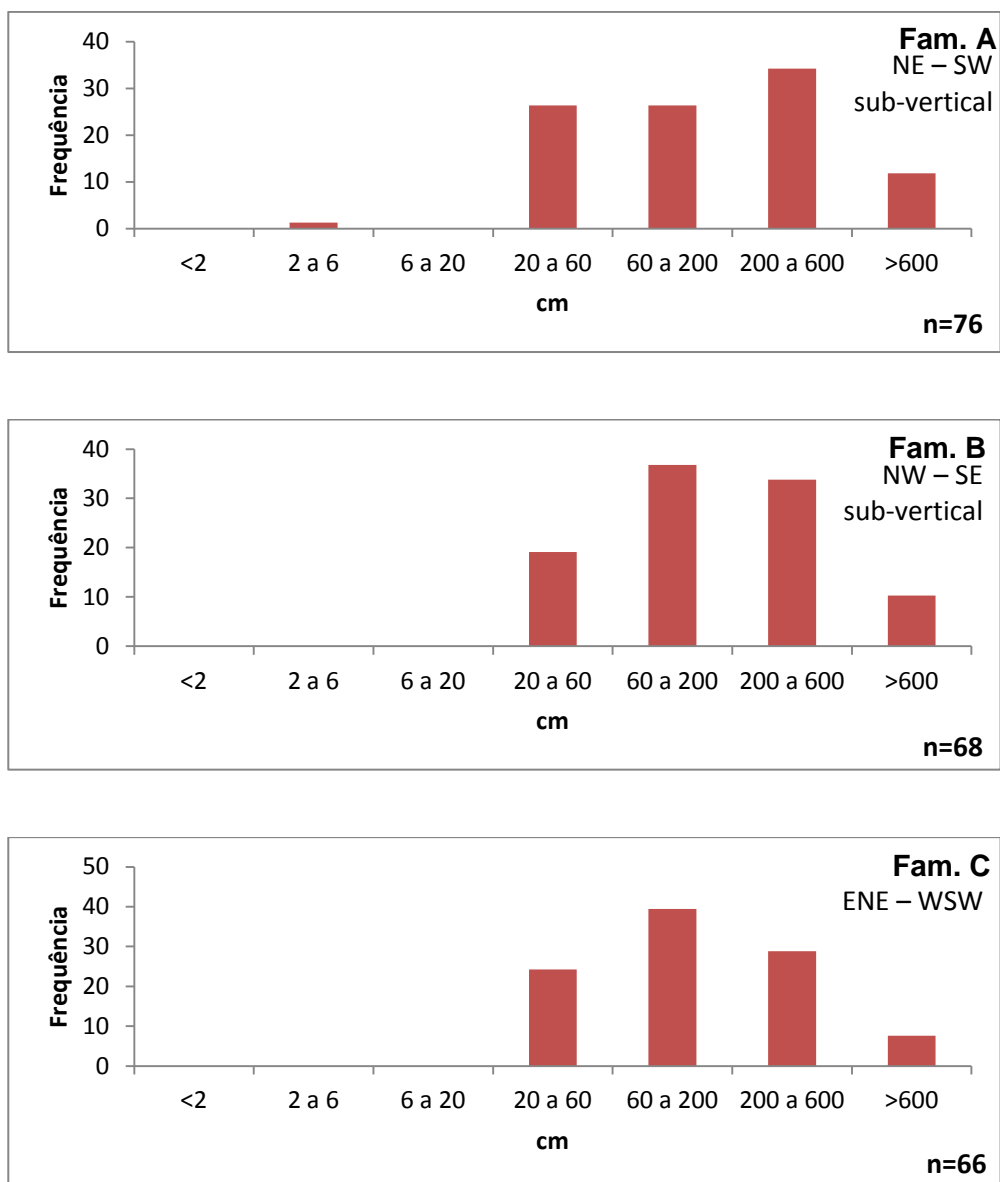


Figura III.25 – Estação 2 (Estrada de Campia): Histogramas de frequência dos espaçamentos entre as diaclases.

No que diz respeito à continuidade, as duas categorias mais abundantes são aquelas em as diaclases têm uma continuidade inferior a 1 m e entre 1-3 m, sendo que a categoria correspondente ao intervalo entre 3-10 m também apresenta um número considerável de observações (Figura III.26). Assim sendo a continuidade pode ser classificada como muito baixa a média (Quadro III.4).

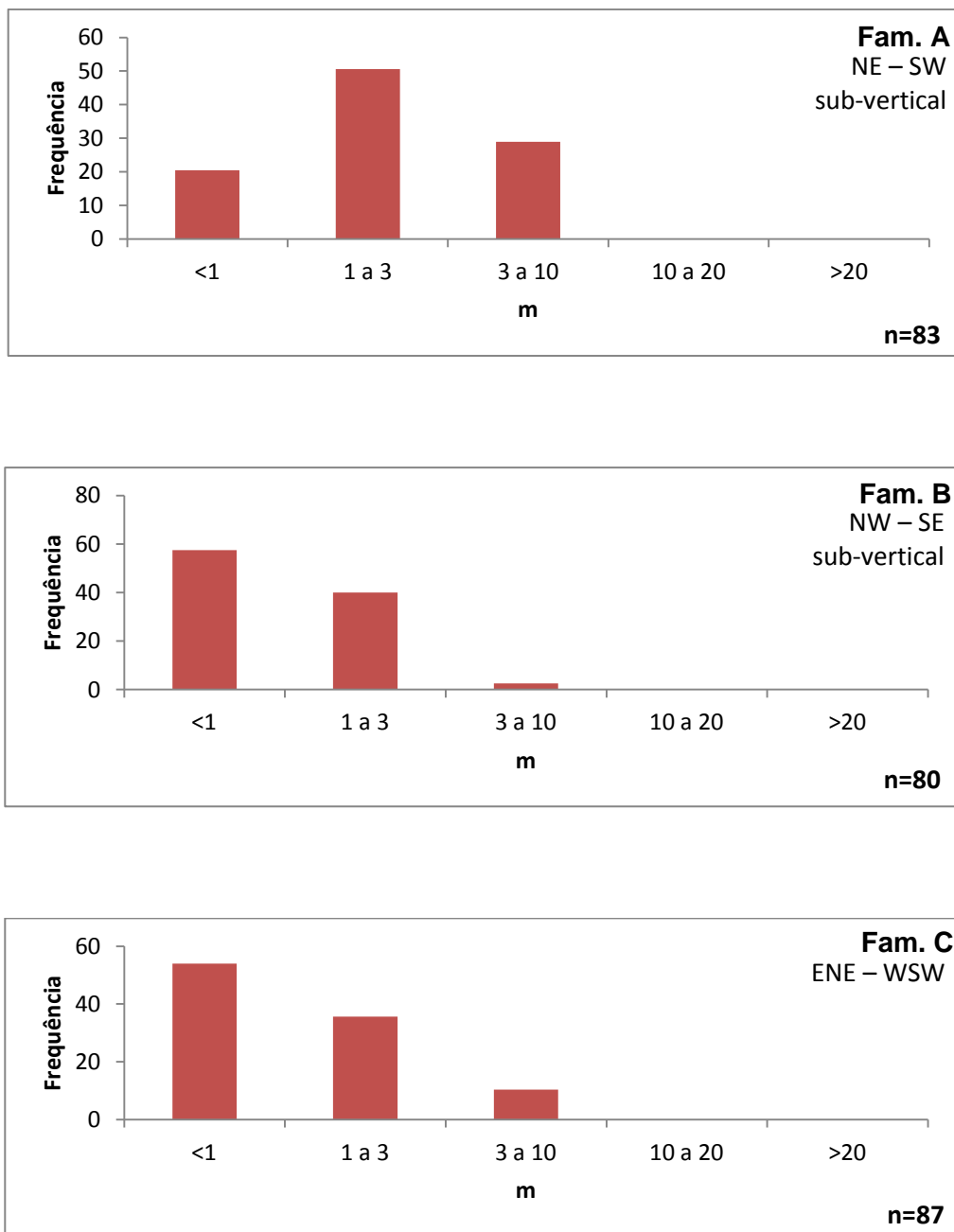


Figura III.26 – Estação 2 (Estrada de Campia): Histogramas de frequência da continuidade das diaclases.

A rugosidade na estação 2 é ondulada, existindo observações correspondentes a todos os tipos: irregular (IV), uniforme (V) e polida (VI) (Figura III.27). Esta estação não apresenta rugosidades tão elevadas (correspondem aos números mais baixos) como as que existiam na pedreira de Rebordinho (E1).

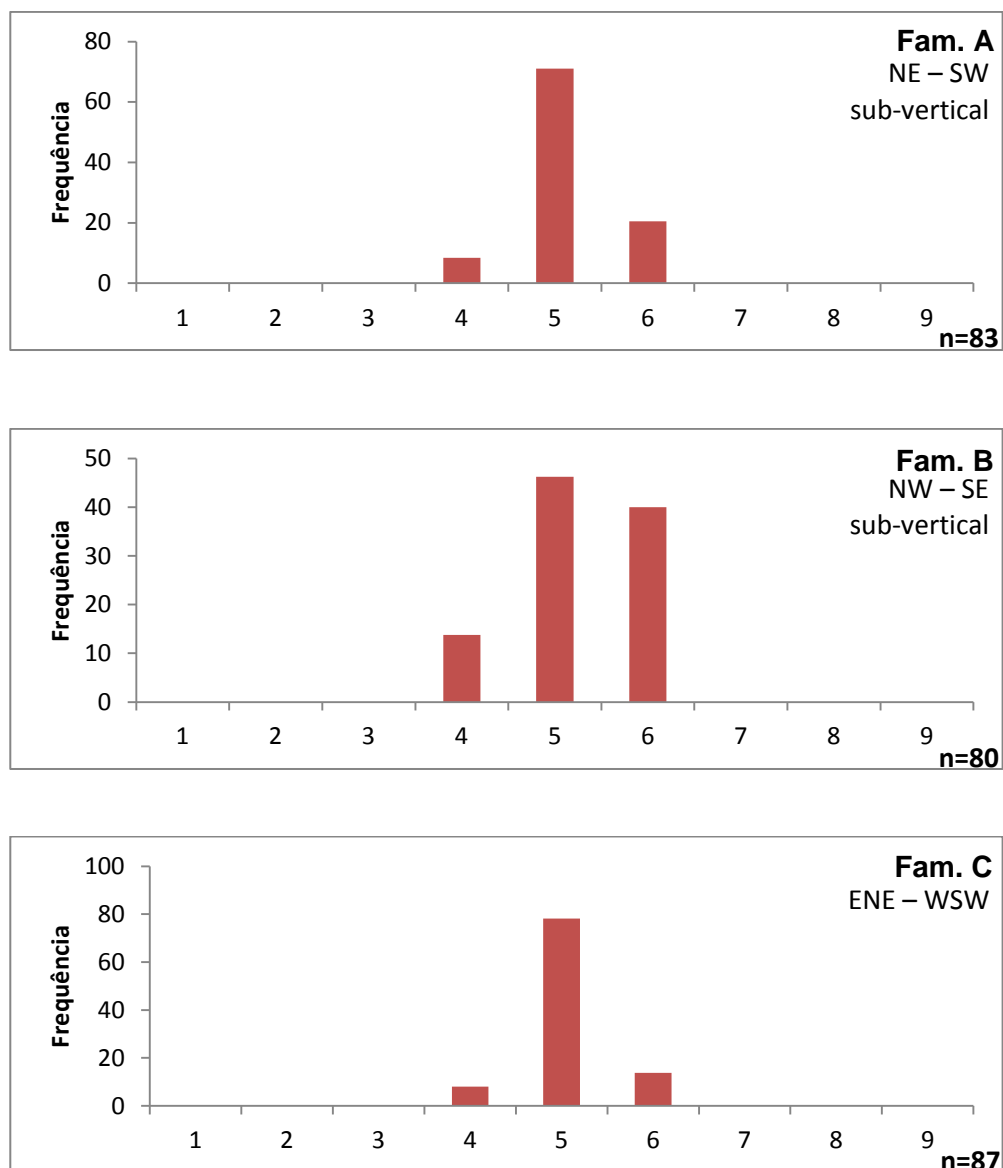


Figura III.27 – Estação 2 (Estrada de Campia): Histogramas de frequência da rugosidade das superfícies das diaclases. Os números em abcissa correspondem à numeração romana da Figura III. 15.

Quanto à abertura, como se verifica na Figura III.28, as famílias de diaclases deste afloramento apresentam uma dispersão de valores semelhante à do afloramento de Rebordinho. No entanto, na estrada de Campia, a maior parte das diaclases apresentam uma abertura inferior a 0,25 cm, sobretudo nas famílias A e B.

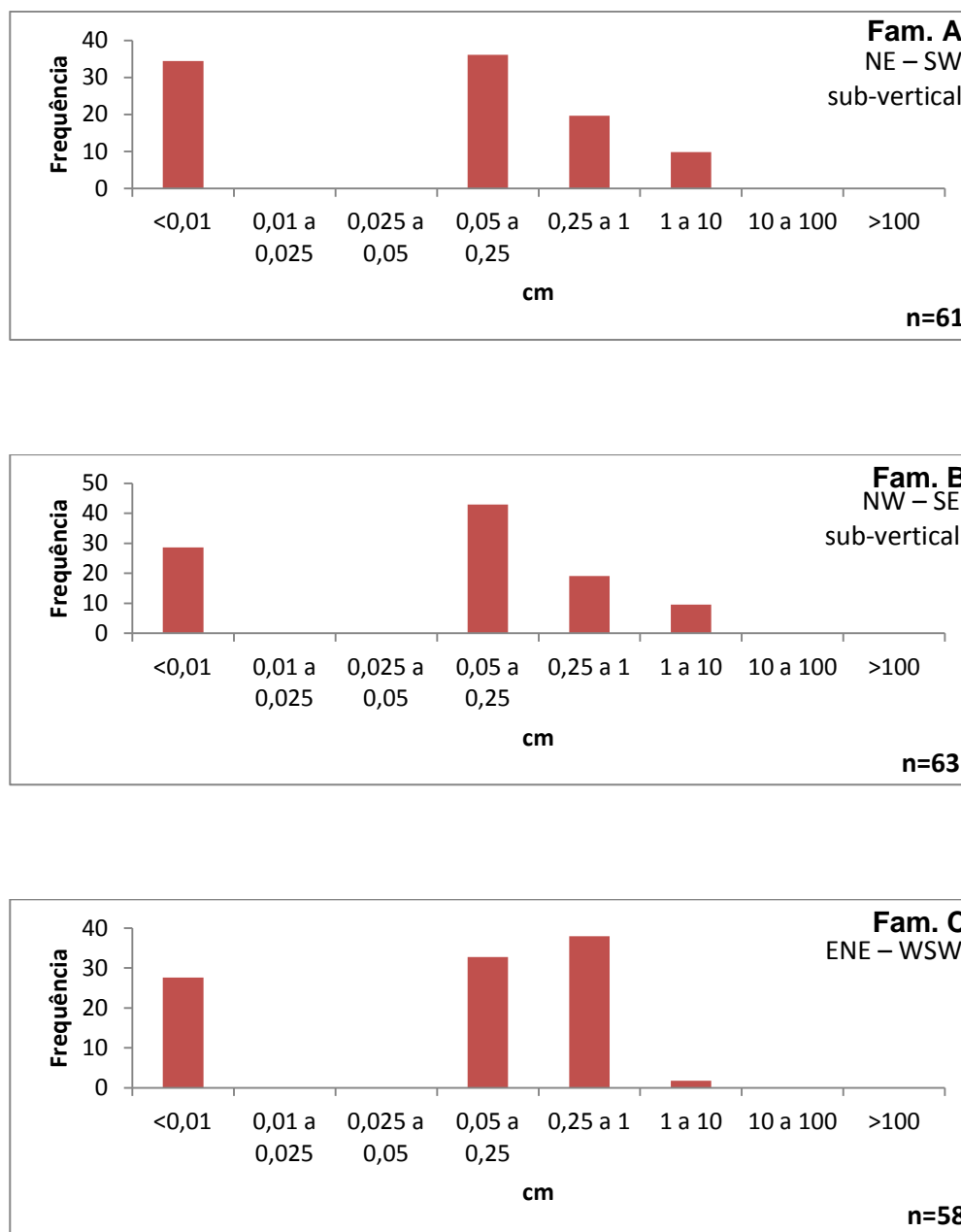


Figura III.28 - Estação 2 (Estrada de Campia): Histogramas de frequência da abertura das diaclases.

O preenchimento encontrado nas diaclases deste afloramento é semelhante ao existente no afloramento anterior, sendo mais abundante a existência de material argiloso e menos comum a presença de dendrites. O aumento de material argiloso vai contribuir para perda de coesão e também pode ser um indício de um maior grau de alteração. Na verdade, quando observado globalmente, este afloramento apresenta sinais significativos de alteração, sendo recorrente a existência de locais onde todo o maciço rochoso se encontra transformado em solo. São também visíveis, não só nestes locais, como noutros

ao longo do talude da estrada, sinais da existência de água em percolação, o que facilita o aumento do grau de alteração.

III.2.3 – Análise comparativa

Através da análise das Figuras III.16, III.24, e dos estereogramas da Figura III.29, o padrão de diaclasamento nos dois afloramentos estudados é parecido, não só pelo número de famílias existentes (três nos dois casos), como também, em linhas gerais, pela semelhança nas respetivas orientações. Assim, parece possível propor uma correspondência, entre as famílias 1, 2 e 3 da pedra de Rebordinho com, respetivamente, as famílias B, C e A dos taludes da estrada de Campia.

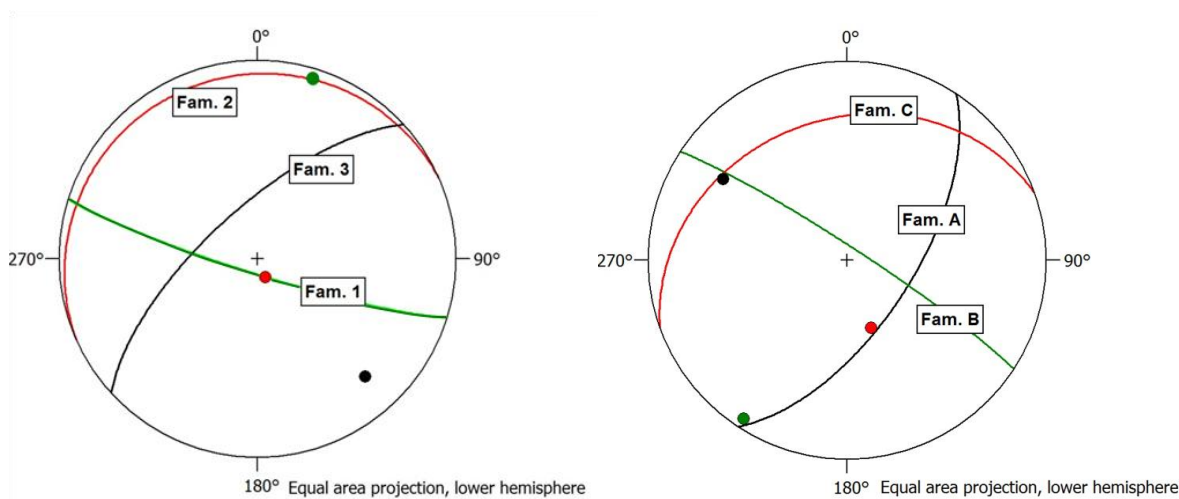


Figura III.29 - Estereograma com a projeção dos planos representativos da orientação média das famílias de diaclases identificadas na pedra de Rebordinho (A) e na estrada de Campia (B). Os pontos correspondem aos respetivos pólos.

A família 3/A, sub-vertical, apresenta uma orientação concordante com a direção da fracturação regional, predominantemente NE - SW (Figura II.5). No que diz respeito às diaclases da família 1/B (WNW-ESSE, sub-vertical), poderão eventualmente corresponder a fraturas conjugadas das anteriores, podendo ter sido formadas através de um sistema compressivo com direção aproximadamente E-W. Por fim, as descontinuidades sub-horizontais da família 2/C, possivelmente terão tido origem na descompressão do maciço rochoso devido à erosão superficial. Importa referir que a dispersão nos valores de orientação desta última família deve-se em grande parte a sua

superfície não é plana, apresentando menores inclinações perto da superfície topográfica.

Quadro III.6 - Análise comparativa entre os valores médios dos parâmetros da fracturação da Estação 1 e Estação 2.

	Orientação média		Espaçamento médio (cm)		Continuidade média (m)		Abertura média (cm)	
	E1	E2	E1	E2	E1	E2	E1	E2
Fam. 1 / Fam B	107°, 84°S	123°, 85°N	88	204	3,5	0,8	0,5	0,2
Fam. 2 / Fam C	066°, 8°NW	070°, 30°NW	47	185	4,7	1,1	0,5	0,3
Fam. 3 / Fam. A	047°, 70°NW	033°, 63°SE	110	256	6,3	2,1	0,5**	0,3

** Valor obtido, excluindo uma única medição correspondente a uma abertura de 20 cm, de forma a evitar a distorção do valor médio.

Relativamente aos restantes parâmetros da fracturação (Quadro III.6), é possível constatar que as diaclases da pedreira de Rebordinho (E1) apresentam menores valores de espaçamento e maiores valores de abertura, comparativamente às fraturas da estrada de Campia (E2). Tal facto pode ser devido a que o desmonte da pedreira foi feito através do recurso a explosivos, danificando a qualidade do maciço rochoso, provocado maior fracturação e a abertura de fraturas pré-existentes. Segundo Toyos (1994), o método de desmonte com explosivos provoca efeitos fraturantes não desejados. Embora a abertura da estrada de Campia (E2) também tenha sido realizada com explosivos, a utilização dos mesmos foi muito mais pontual.

Os valores médios da continuidade obtidos na pedreira de Rebordinho são superiores aos observados na estrada de Campia. Na verdade, estes dados podem ocorrer, uma vez que a altura da frente de desmonte na pedreira é superior à da barreira de estrada. Assim sendo, as diaclases são mais visíveis na estação 1 do que na estação 2, não querendo com isto dizer que as fraturas nesta última estação não continuem em profundidade. Este aspeto ilustra bem a dificuldade de quantificar este parâmetro.

Uma vez que um dos objetivos deste trabalho é avaliar a capacidade do granito estudado como rocha ornamental, interessa saber qual será o tamanho de bloco possível de ser extraído do maciço rochoso, tendo em conta alguns dos parâmetros anteriormente abordados. Para este efeito, foi calculado o índice J_v , através da seguinte expressão (Vallejo, et al., 2002):

$$J_v = \frac{1}{e_1} + \frac{1}{e_2} + \frac{1}{e_3} \quad (1)$$

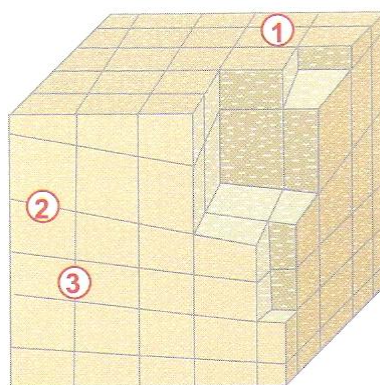
Onde e_1 , e_2 e e_3 , correspondem ao espaçamento médio, em metros, das famílias de diaclases 1, 2 e 3, respetivamente.

O valor obtido para o índice J_v na pedreira de Rebordinho foi de 4,17, enquanto que o J_v da estrada de Campia foi de 1,42. Segundo o Quadro III.7, este valor permite afirmar que é possível extrair blocos de tamanho médio da estação 1 e blocos grandes da estação 2. Ou seja, quanto maior for o espaçamento médio entre diaclases maior será o tamanho do bloco a ser extraído.

Quadro III.7 – Descrição do tamanho do bloco em função do valor do J_v . (ISRM, 1981)

Descrição	J_v (descontinuidades/m ³)
Blocos muito grandes	< 1
Blocos grandes	1 – 3
Blocos de tamanho médio	3 – 10
Blocos pequenos	10 – 30
Blocos muito pequenos	> 30

O tamanho do bloco é um fator importante na exploração de rocha ornamental, sendo não menos relevante a sua forma. No presente caso, para ambas as estações, a forma dos blocos seria semelhante à exemplificada na Figura III.30.



3 famílias

Figura III.30 – Representação esquemática da forma dos blocos num maciço rochoso com uma família de diaclases sub-horizontal e duas sub-verticais (extraído de Vallejo et al., 2002).

Os valores dos parâmetros usados para caracterizar a fracturação, no seu conjunto, indicam uma fraca qualidade do maciço rochoso na pedreira de Rebordinho. Contudo, estes valores, deverão ser considerados com alguma cautela, pois o método de desmonte provocou uma diminuição na qualidade do maciço na perspetiva da utilização da pedra como rocha ornamental. Note-se que este tipo de aplicação não era o objetivo da exploração, dedicada, antes de encerrar, à produção de brita e blocos irregulares para obras de proteção costeira. No entanto, se se admitir que os melhores resultados obtidos na estrada de Campia são mais realistas, o que é provável, tendo em conta a semelhança no padrão de diaclasamento, a possibilidade de que a pedreira de Rebordinho possa ser aproveitada para extração de rocha ornamental não deverá ser excluída, desde que as características tecnológicas da rocha cumpram os requisitos necessários.

CAPÍTULO IV

CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA

CAPÍTULO IV – CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA

Neste capítulo encontram-se descritos todos os ensaios tecnológicos realizados às amostras recolhidas, com o objetivo principal de caracterizar a rocha em estudo e analisar a viabilidade da mesma como rocha ornamental. Neste sentido, é também feita uma pequena abordagem ao setor da rocha ornamental em Portugal.

IV.1 – SETOR DA ROCHA ORNAMENTAL

A exploração de rochas ornamentais é uma atividade económica existente já há alguns séculos. No início desta atividade a pedra assumia, principalmente, um importante protagonismo ao nível da construção. Com o decorrer dos tempos a indústria extrativa, em geral, e a exploração de rochas ornamentais, em particular, sofreram grandes alterações devidas aos avanços científicos e tecnológicos.

De destacar também as preocupações ecológicas que começaram a ganhar voz no final século XX. A legislação ambiental, cada vez mais exigente, a competitividade dos mercados e o aparecimento de novas tecnologias, têm contribuído para uma mudança de mentalidade e para o aparecimento de um novo marco na evolução da atividade extrativa. Também associada a esta atividade, assumiram especial relevância os estudos preliminares necessários para uma exploração mineral, que provam a evolução que se tem verificado no recurso à ciência na exploração de rochas ornamentais, nomeadamente a utilização cada vez mais frequente da Geologia, para a definição da estrutura da massa rochosa, e da geomecânica, para o dimensionamento dos desmontes. A aplicação destas duas ciências apresenta-se tanto mais vincada, quanto mais complexas forem as características da exploração.

A abordagem deste tema é ainda mais pertinente devido ao facto da indústria das rochas ornamentais, em Portugal, constituir um dos setores mais importantes de entre os que têm por base atividades extrativas. De acordo com Moura (2006), no ano de 2004, a exploração, transformação e outras atividades relacionadas com as rochas ornamentais naturais englobava em Portugal cerca de 2500 empresas e empregavam aproximadamente 25000 trabalhadores. Nesse ano, o valor da produção foi de 161 milhões de Euros, o que corresponde a 16,5% da produção anual da indústria extrativa portuguesa. A nível mundial, Portugal está entre os dez maiores países produtores e exportadores de rochas ornamentais, tendo em 2009 uma participação de 1,89 % nas exportações mundiais (Quadros IV.1 e IV.2). Sobre os restantes tipos de rochas, cuja

representatividade é mínima, destacam-se os mármore e calcários e os granitos e similares, cujos volumes de exportação colocaram o País no 7º e no 5º lugares, respetivamente, do *ranking* dos países exportadores em 2006 (Quadro IV.3).

Quadro IV.1 – Principais países produtores mundiais de rochas ornamentais (Montani, 2008).

Ano	2002		2003		2004		2005		2006		2007		2009*	
Países	Mt	%	Mt	%	Mt	%	Mt	%	Mt	%	Mt	%	Mt	%
China	14,00	20,90	17,50	23,33	18,00	22,15	20,00	23,46	22,50	26,39	26,50	26,17	23,00	21,54
Itália	8,00	11,94	7,85	10,47	7,65	9,42	7,50	8,80	7,65	8,97	7,75	7,65	9,10	8,52
Índia	6,50	9,70	8,50	11,33	9,50	11,69	10,00	11,73	11,50	13,49	13,00	12,84	21,00	19,67
Espanha	5,35	7,99	5,75	7,67	6,25	7,69	6,30	7,39	6,00	7,04	6,00	5,93	7,20	6,74
Irão	4,25	6,34	4,85	6,47	5,25	6,46	5,50	6,45	6,45	7,57	6,50	6,42	11,00	10,30
Brasil	2,75	4,10	3,20	4,27	4,00	4,92	4,50	5,28	5,50	6,45	5,75	5,68	7,60	7,12
Portugal	2,30	3,43	2,25	3,00	2,45	3,02	2,50	2,93	2,75	3,23	2,95	2,91	3,10	2,90
Turquia	2,50	3,73	3,25	4,33	4,20	5,17	4,75	5,57	6,20	7,27	8,00	7,90	11,50	10,77
EUA	2,00	2,99	2,25	3,00	2,30	2,83	2,40	2,82	2,25	2,64	2,00	1,98	1,83	1,71
Grécia	1,50	2,24	1,45	1,93	1,40	1,72	1,35	1,58	1,40	1,64	1,25	1,23	1,50	1,41
Egipto		0,00		0,00	3,20	3,94	3,25	3,81	3,50	4,11	3,80	3,75	3,60	3,37
Outros	17,85	26,64	18,15	24,20	17,05	20,98	17,20	20,18	9,55	11,20	17,75	17,53	6,33	5,93
TOTAL	67,00	100,00	75,00	100,00	81,25	100,00	85,25	100,00	85,25	100,00	101,25	100,00	106,76	100,00

Mt: milhões de toneladas

*Estimativas da IMM Carrara, Relatório 2008 a 2009

Quadro IV.2 – Principais países exportadores mundiais de rochas ornamentais em 2009.

Países	2009	
	Mt	%
China	18,82	43,63
Turquia	6,00	13,92
Índia	4,91	11,38
Itália	4,41	10,22
Espanha	1,84	4,27
Brasil	1,67	3,88
Portugal	0,81	1,89
Grécia	0,47	1,09
EUA	0,41	0,95
França	0,12	0,28
Outros	3,67	8,51
TOTAL	43,13	100,00

Mt: milhões de toneladas

Fonte: IMM Carrara, Relatório 2008 a 2009

Quadro IV.3 – Principais países exportadores mundiais de mármore e calcários e de granitos e similares em 2006 (Montani, 2007).

	Países	Mármore e calcários (Mt)	Países	Granitos e similares (Mt)
1º	Turquia	2,13	Índia	2,93
2º	Itália	0,88	Brasil	1,25
3º	Egipto	0,85	China	0,96
4º	Espanha	0,81	África do Sul	0,57
5º	Irão	0,39	Portugal	0,33
6º	Grécia	0,28	Espanha	0,33
7º	Portugal	0,25	Finlândia	0,31
8º	Índia	0,17	Noruega	0,29
9º	Bélgica	0,16	Alemanha	0,28
10º	Croácia	0,11	Turquia	0,21
	TOTAL	6,03	TOTAL	7,46

Mt: milhões de toneladas

Fonte: ABIROCHAS

Atualmente, a exploração de rochas ornamentais em Portugal encontra-se num período de estabilização (ou de decréscimo em algumas regiões, como o Algarve e o Alentejo) devido, sobretudo, à escalada da produção nos países emergentes (China, Índia, Brasil e Turquia) que operam com custos mais atrativos e que têm vindo a participar de modo crescente na composição da oferta mundial. Este fator levou, nos últimos anos, à generalizada perda de posição dos tradicionais fornecedores europeus (Itália, Espanha, Portugal e Grécia), criando um sério problema de competitividade à indústria europeia das rochas ornamentais. Por isso, é urgente um reposicionamento estratégico, tanto mais que as estimativas de consumo/produção mundiais indicam, segundo a Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais (ABIROCHAS), a manutenção da tendência de crescimento do mercado internacional, prevendo-se para o ano 2025 a quintuplicação do consumo mundial.

IV.1.1 – Tipos de Rochas Ornamentais

Antigamente, a designação de rocha ornamental referia-se a todas as rochas naturais destinadas a fins de construção que tivessem sido selecionadas, aparelhadas ou cortadas, segundo dimensões ou formas específicas e com uma ou mais superfícies acabadas mecanicamente. Hoje em dia, consideram-se como rochas ornamentais, também denominadas pedras naturais, todas as rochas em bruto e todas aquelas que são cortadas em formas variadas e beneficiadas por meio de polimento, lustro e outro (Filho, 1995). As suas principais áreas de aplicação incluem urbanismo, arte funerária,

arte e decoração, arquitetura e construção civil. Destacando-se neste último caso a utilização em revestimentos interiores e exteriores de paredes, pisos, pilares e colunas.

Para que uma rocha seja considerada ornamental, devem ser cumpridas duas exigências básicas:

- apresentar beleza estética (ornamental) e possuir um padrão contínuo, ou seja devem ser homogêneas (sem manchas ou buracos que ocorram de modo irregular);
- possuir características tecnológicas, índices físicos, índices de alterabilidade dentro dos padrões aceitáveis pelas normas técnicas.

Atualmente, e no que diz respeito a este último ponto, nem sempre esta exigência é restritiva, uma vez que existem os chamados produtos exóticos, que quando não possuem as características tecnológicas exigidas, podem ser melhoradas através das mais variadas técnicas de beneficiação.

Quadro IV.4 - Tipos de rocha ornamental. Extraído de “Guia Técnico do Sector da Pedra Natural”, INETI (2001).

Mármore e outras rochas carbonatadas	Calcário cristalino (mármore)
	Calcário microcristalino
	Calcário sedimentar
	Brecha calcária
Granitos e similares	Granito
	Sienito Nefelínico
	Pórfiro ácido
	Serpentinito
Ardósias e xistos	Ardósias
	Xistos

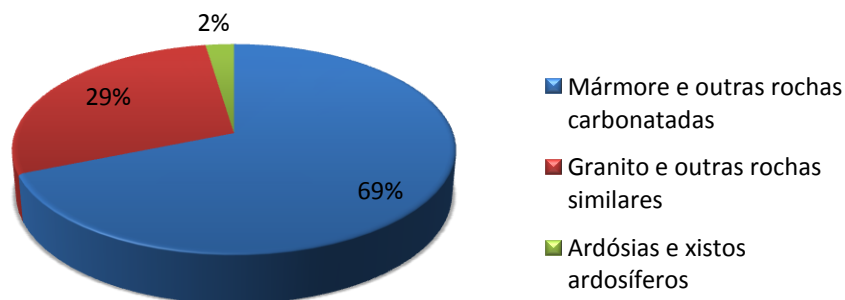


Figura IV.1 – Distribuição percentual da produção dos diferentes tipos de rochas ornamentais em Portugal. Fonte: “Guia Técnico do Sector da Pedra Natural”, INETI (2001).

O setor das rochas ornamentais utiliza muitas vezes denominações comerciais em detrimento das classificações geológicas. Assim, em Portugal, as rochas ornamentais são subdivididas em três grupos: “mármore e outras rochas carbonatadas”, “granito ornamental e outras rochas similares” e “ardósia e xisto ornamental” (Quadro IV.4). Como se verifica no gráfico da Figura IV.1, a produção/extração das rochas do primeiro grupo é bastante superior à dos outros dois.

No grupo do “granito ornamental e outras rochas similares” podem ser incluídas todas as rochas magmáticas (rochas intrusivas, hipabissais e efusivas, de composição básica, intermediária e ácida) com dureza entre 6 e 7 da escala de Mohs. Contudo, o granito domina enormemente sobre os restantes tipos, contribuindo com 95,1% da produção das rochas ornamentais deste grupo.

A extração de granito ornamental tem lugar, principalmente, no norte e centro do país (figura IV.2), sendo Viseu o distrito que produz maiores quantidades.

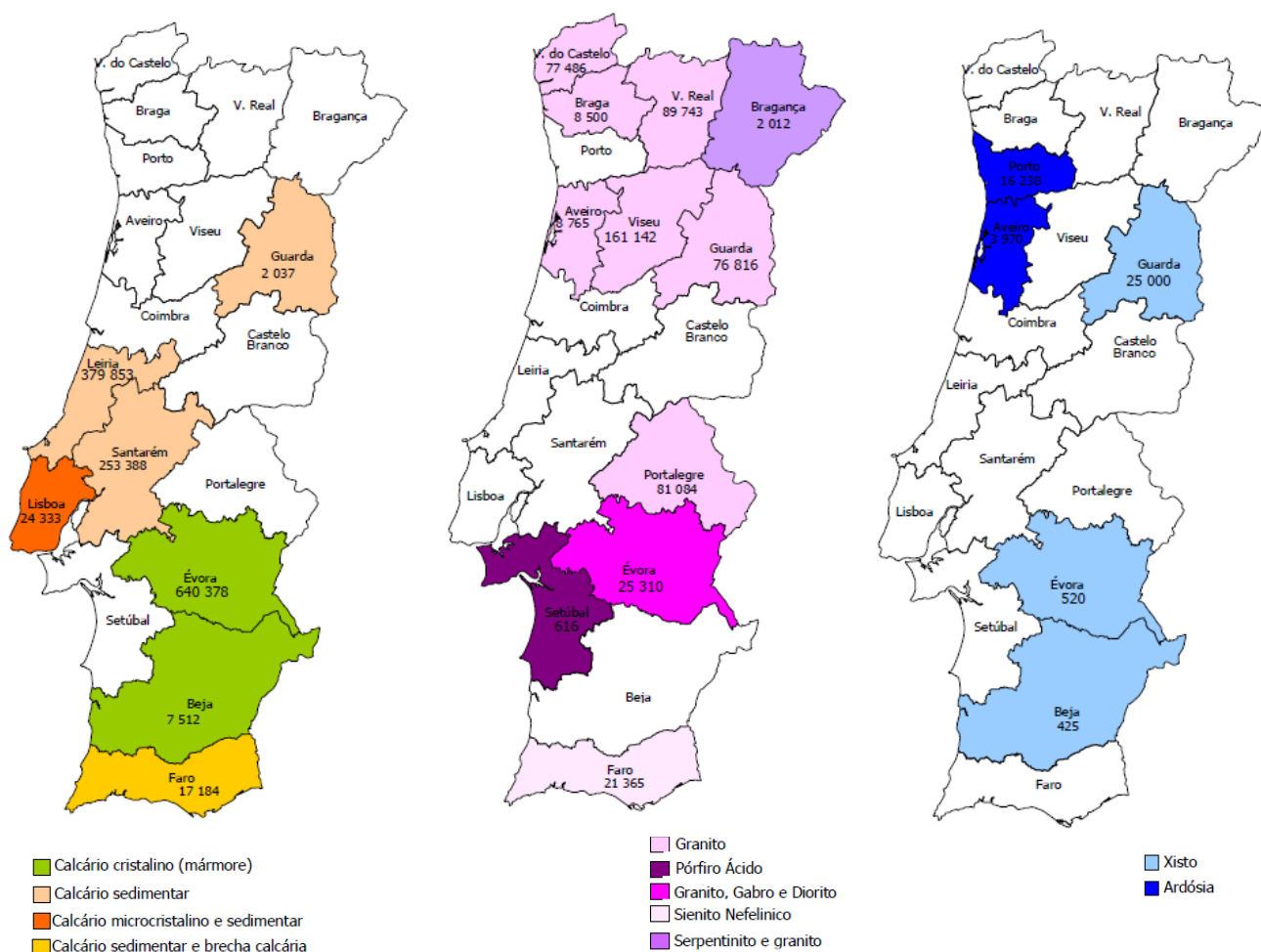


Figura IV.2 – Principais centros de produção e quantidades (t) produzidas de “Mármore e outras rochas carbonatadas”, “Granitos e similares” e “Ardósias e xistos”. Extraído de “Guia Técnico do Sector da Pedra Natural”, INETI (2001).

IV.2 – CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DO GRANITO DE REBORDINHO

A rocha, como material de construção, tem sido usada pelo Homem, desde os primórdios da sua evolução, para as suas necessidades mais básicas. O conhecimento da sua resistência tornou-se empírico e prático ao longo da História, à medida que este material era solicitado nas mais diversas situações. Assim sendo, tornou-se cada vez mais importante determinar, com rigor, os parâmetros de resistência e deformabilidade dos maciços rochosos, assim como os associados à fracturação.

As características das rochas ornamentais, bem como a determinação de índices que permitam prever o seu desempenho, são obtidas através de análises e ensaios executados segundo procedimentos rigorosos, seguindo normas técnicas nacionais ou internacionais de forma a poderem ser comparadas com os resultados obtidos outros ensaios de outros laboratórios. No Quadro IV.5 estão hierarquizados os ensaios mais adequados para a caracterização do material, tendo em vista as suas utilizações mais comuns. Em todos os casos, para uma completa caracterização e para a compreensão do comportamento tecnológico de cada tipo de rocha, recomenda-se também a realização de uma descrição petrográfica detalhada e de análises químicas de elementos maiores.

Quadro IV.5 – Ensaios recomendados para a caracterização das rochas quanto aos principais usos (Extraído de “Rochas Ornamentais Portuguesas”, INETI).

	Massa volumica aparente	Absorção de água Porosidade aberta	Resistência mecânica à compressão	Resistência ao gelo	Resistência mecânica à flexão	Coef. Dilatação linear térmica	Resistência ao desgaste	Resistência ao choque
Revestimentos exteriores	B	B	B	A	B	A	C	C**
Revestimentos interiores	B	C	C		C			C**
Pavimentos exteriores	B	B	B	A	B	B	A	A
Revestimentos interiores e tampas de móveis	B	C	C		B		B	B
Placas em consola ou simplesmente apoiadas	B	C	B	A*	A		B	A
Colunas e pilares	B	B*	A	A*		A* / B		

LEGENDA

Por ordem decrescente de importância: A > B > C

* Apenas no caso de utilização em exteriores

** De importância A quando se trate de placas colocadas na zona inferior das paredes (lambris e rodapés)

Neste trabalho, foram selecionadas amostras provenientes do granito da pedreira situada na localidade de Rebordinho (Estação E1). Sobre estas amostras foram realizados um conjunto de ensaios tecnológicos, de forma a ser possível inferir acerca da qualidade do material analisado e a possibilidade ou não da utilização do mesmo como rocha ornamental. Foi ainda efetuado o estudo petrográfico pormenorizado de uma das amostras e determinada a sua composição química por fluorescência de raios X.

As amostras extraídas da pedreira de granito foram cortadas para a obtenção dos provetes (Figura IV.3), sobre os quais foram realizados os ensaios tecnológicos.



Figura IV.3 - Preparação dos provetes a ensaiar.



Figura IV.4 - Provetes preparados para os ensaios tecnológicos.

Os ensaios foram realizados no Departamento de Engenharia de Minas e Georrecursos do Instituto Superior Técnico (IST), em Lisboa, seguindo as Normas do Instituto Português da Qualidade, para ensaios efetuados em rocha natural, sob a supervisão do Professor Carlos Figueiredo e da Professora Maria Matilde Mourão de

Oliveira Carvalho Horta Costa e Silva. Todas as normas utilizadas correspondem às versões portuguesas das normas Europeias, sendo assim seguidas as regras estabelecidas a esse nível.

As análises petrográfica e química foram realizadas no Departamento de Geociências da Universidade de Aveiro, obedecendo também às respetivas normas técnicas.

IV.2.1 – Índices Físicos

Os índices físicos incluem as massas volúmicas aparentes seca e saturada, em kg/m^3 , a porosidade aberta (ou aparente) e a absorção de água, ambas em percentagem. O termo “aparente” indica que o volume medido nas determinações da massa volúmica e da porosidade é relativo ao volume total da amostra analisada, isto é, ao volume da porção sólida mais o volume de poros (espaços vazios).

A porosidade aberta refere-se a percentagem total de espaços vazios num volume de rocha, enquanto a absorção de água indica a percentagem de espaços vazios intercomunicados nesse mesmo volume. Deste modo, o índice de absorção de água nunca é superior ao índice de porosidade aberta. Por outro lado, uma rocha com elevada porosidade poderá ter altos ou baixos valores de absorção de água, dependendo da existência ou não de conexão entre os seus poros.

A massa volúmica aparente e a porosidade aberta proporcionam indicações sobre a resistência da rocha sujeita a esforços compressivos e de flexão, mostrando geralmente uma correlação inversa. Por exemplo, para um conjunto de amostras de granito, quanto menor a massa volúmica aparente, maior deverá ser o volume de espaços vazios existentes na rocha e, provavelmente, menor a sua resistência físico-mecânica.

O índice de absorção de água, por sua vez, indica a capacidade da rocha para ser penetrada por líquidos. Esta propriedade tem um papel determinante na deterioração dos materiais, pelo que a sua caracterização é importante para avaliar a durabilidade da pedra perante a ação de agentes externos e, por isso, proporciona indicações sobre a sua adequação para determinadas aplicações. Geralmente, valores elevados neste parâmetro correlacionam-se com uma menor resistência da rocha.

IV.2.1.1 – Determinação da massa volúmica aparente e porosidade aberta

A determinação da massa volúmica aparente e da porosidade aberta foi efetuada com base na Norma Portuguesa NP EN 1936:2008. Segundo esta norma, estes índices físicos são determinados após secagem dos provetes até se obter uma massa constante, onde a massa volúmica aparente e a porosidade aberta são determinadas através da absorção de água sob vácuo e da pesagem de provetes imersos.

Para a aquisição dos valores de massa volúmica aparente e de porosidade aberta foram usados 6 provetes com as dimensões 5 cm x 5 cm x 5 cm (Figura IV.5).

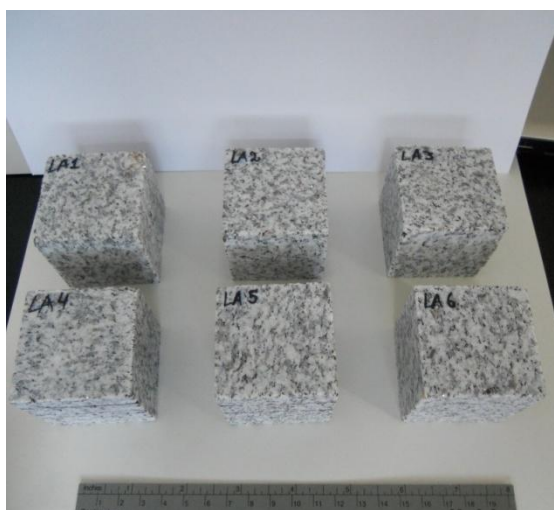


Figura IV.5 - Provetes com dimensões 5 cm x 5 cm x 5 cm usados na determinação dos índices físicos.

Inicialmente começa-se por pesar os provetes, por forma a determinar a massa inicial de cada uma das amostras e colocam-se na estufa durante 24 horas (Figura IV.6).

Seguidamente, os provetes são retirados da estufa, deixam-se arrefecer e procede-se a sucessivas pesagens até que seja atingida uma massa considerada como constante. Assume-se que a massa constante é atingida quando a diferença entre duas pesagens sucessivas, efetuadas com um intervalo de 24 ± 2 horas, não for superior a 0.1% da massa inicial do provete. Os provetes são então mantidos num exsicador (Figura IV.7A) até atingirem a temperatura ambiente e são seguidamente pesados, obtendo-se assim a massa do provete seco, em gramas (m_d).



Figura IV.6 – Secagem das amostras na estufa.

Os provetes são colocados no recipiente de vácuo e a pressão é reduzida gradualmente até se atingir os $2,0 \pm 0,7$ kPa (Figura IV.7B). Esta pressão é mantida durante $2 \pm 0,2$ horas de modo a eliminar o ar contido nos poros abertos dos provetes.



Figura IV.7 – Utilização do Exsicador para retirar a humidade das amostras (A) e como recipiente de vácuo (B).

Posteriormente é introduzida, lentamente, água destilada à temperatura ambiente, no recipiente, de forma a que os provetes fiquem completamente imersos em não menos de 15 minutos. Enquanto os provetes estão imersos, a pressão atmosférica deve ser restaurada e os provetes são mantidos nestas condições durante 24 ± 2 horas (Figura IV.8). É então obtida para cada amostra a massa do provete imerso em água (m_h). Esta massa é obtida colocando o provete num dispositivo, ligado a uma balança, de forma a que este fique completamente coberto de água, ou seja, imerso, sendo assim efetuada a

respetiva pesagem. Após este procedimento, cada provete deve ser limpo rapidamente com um pano húmido e, seguidamente é determinada a massa do provete saturado (m_s) (Figura IV.9).



Figura IV.8 – Imersão dos provetes, no recipiente de vácuo, à pressão atmosférica.

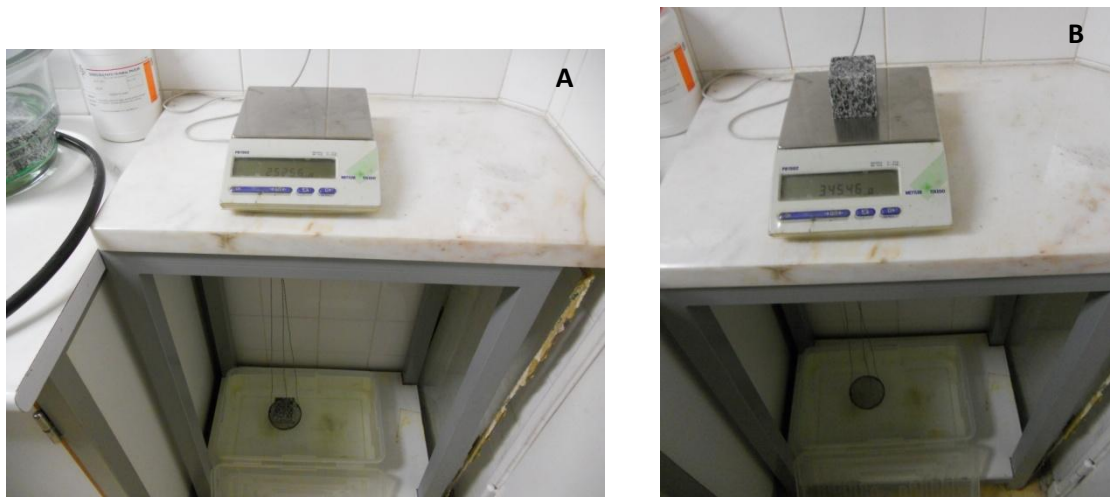


Figura IV.9 - Determinação da massa do provete imerso em água – m_h (A) e da massa do provete saturado – m_s (B).

Os valores da massa volúmica aparente (ρ_b) e da porosidade aberta (p_0) são obtidos através da aplicação das seguintes expressões:

$$\rho_b = \frac{m_d}{m_s - m_h} \times \rho_{rh} \quad (1)$$

$$p_0 = \frac{m_s - m_d}{m_s - m_h} \times 100 \quad (2)$$

onde,

ρ_{rh} – massa volúmica real da água (998 kg/m³)

m_d – massa do provete seco, em gramas

m_s – massa do provete saturado, em gramas

m_h – massa do provete imerso em água, em gramas

IV.2.1.2 – Determinação da absorção de água à pressão atmosférica

A determinação da absorção de água à Pressão Atmosférica foi efetuada com base na Norma Portuguesa NP EN 13755:2008. Uma vez que este não é um ensaio destrutivo nem provoca alterações significativas no comportamento do material amostrado, os provetes usados neste ensaio e no anterior foram os mesmos.

O procedimento para este ensaio é, numa fase inicial, muito semelhante ao descrito anteriormente, sendo que a massa do provete seco (m_d) é obtida da mesma forma. Após a realização desta pesagem os provetes são colocados num recipiente de imersão, sobre suportes (Figura IV.10), cuja função é a de fazer com que os provetes não contactem diretamente com o fundo do recipiente. Para além disso, cada provete deve ficar afastado dos provetes contíguos pelo menos 15 mm.

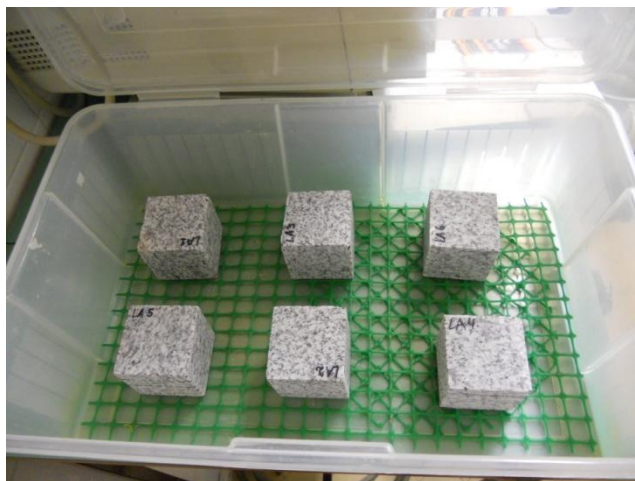


Figura IV.10 – Recipiente de imersão.

Depois de efetuada a montagem para o ensaio, deve ser adicionada ao recipiente de imersão, água corrente (canalizada), à temperatura de 20 ± 10 °C até metade da altura dos provetes – tempo t_0 . Seguidamente, acrescenta-se mais água corrente após:

- $t_0 + 60 \pm 5$ min., até que o respetivo nível atinja três quartos da altura dos provetes;

- $t_0 + 120 \pm 5$ min., até que os provetes fiquem completamente imersos à profundidade de 25 ± 5 mm relativamente à superfície livre da água (Figura IV.11).

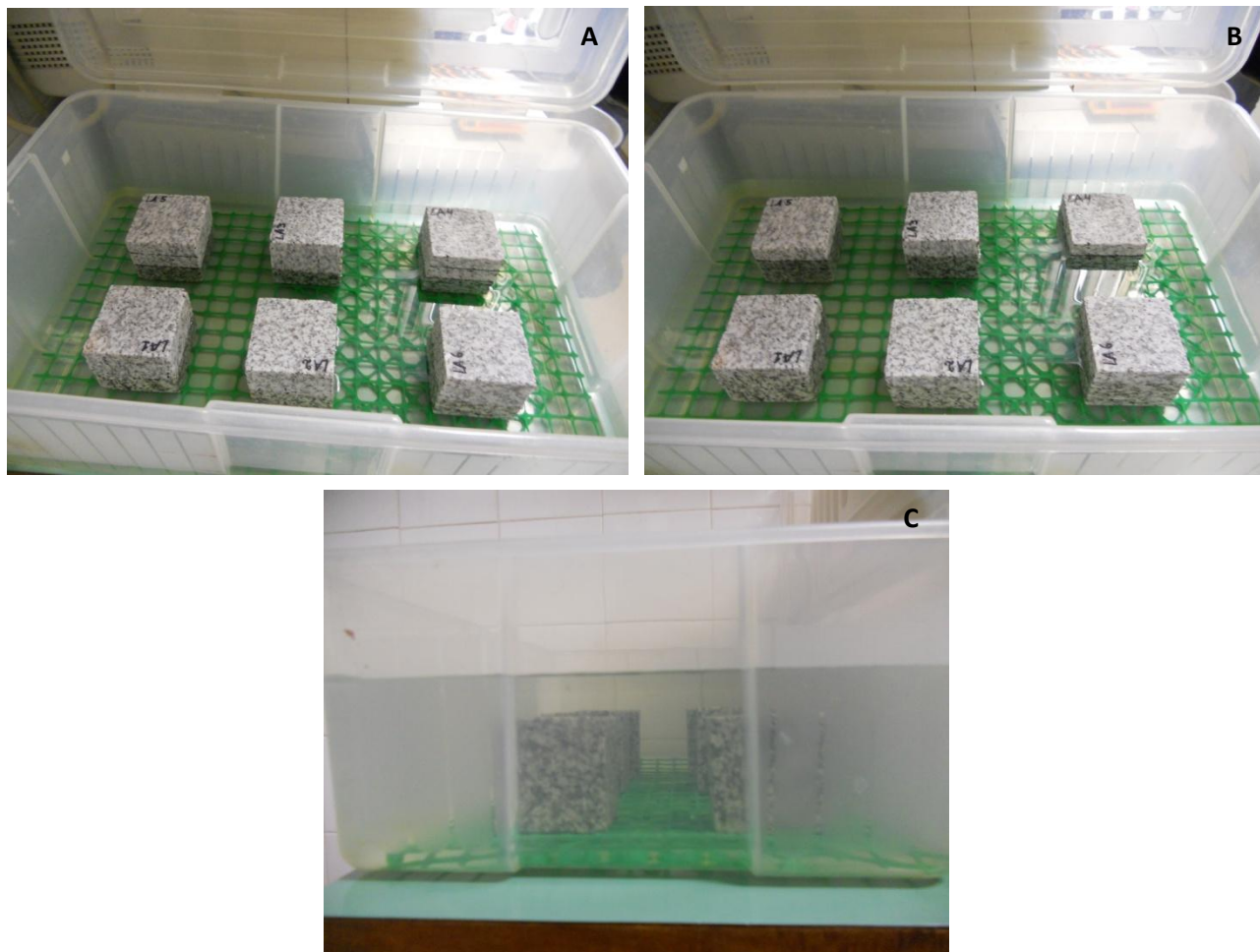


Figura IV.11 – Provetes nos momentos: t_0 (A), $t_0 + 60 \pm 5$ min. (B) e $t_0 + 120 \pm 5$ min. (C).

Passadas 48 ± 2 h, os provetes são então retirados da água, rapidamente limpos com um pano húmido e pesados no decurso de 1 min com uma exatidão de 0,01 g. Depois de pesados, os provetes são novamente colocados na água e o procedimento anterior é repetido, em intervalos de 24 ± 2 h, até que os provetes atinjam massa constante. As massas sucessivas vão sendo anotadas e apenas é considerado, para efeitos do ensaio, o valor correspondente à massa constante. O resultado da última pesagem é a massa do provete saturado (m_s) (Figura IV.12).

O cálculo do valor correspondente à absorção de água à pressão atmosférica (A_b) é obtido através da expressão que se segue:

$$A_b = \frac{m_s - m_d}{m_d} \times 100 \quad (3)$$

onde,

m_d – massa do provete seco, em gramas

m_s – massa do provete saturado, em gramas



Figura IV.12 – Pesagem do provete saturado.

IV.2.2 – Determinação da resistência à compressão uniaxial

O valor da tensão de rotura por compressão uniaxial é indicativo da resistência das rochas quando submetidas à pressão de carga, proporcionando indicação da qualidade e robustez dos materiais. O ensaio permite determinar não só a resistência à compressão simples da rocha como também as suas constantes elásticas estáticas: o módulo de Young e o módulo de Poisson. É, por isso, um ensaio que caracteriza a rocha com base na sua resistência e deformabilidade, sendo normalmente exigido para todas as aplicações das rochas ornamentais, sobretudo para aquelas que serão aplicadas como elementos de sustentação.

A determinação da resistência à compressão uniaxial foi efetuada com base na Norma Portuguesa NP EN 1926:2008. Segundo esta norma, após a retificação das faces, por forma a assegurar que estas são planas, lisas e com as dimensões requeridas, os provetes são centrados sobre um prato de uma prensa de ensaio, onde sofrem a ação de

uma força uniformemente distribuída, aplicada com um incremento contínuo (0,5 KN/s), até ocorrer a rutura do provete.

Para a aquisição dos valores de resistência à compressão uniaxial foram usados 6 provetes com as dimensões 4 cm x 4 cm x 10 cm.

O procedimento deste ensaio começa pela verificação das medidas dos provetes. Seguidamente é assegurado que os pratos de apoio e de carga da máquina de ensaio se encontram limpas e procede-se à preparação dos provetes, para o ensaio. Esta preparação envolve a colocação de extensómetros. Estes últimos são aparelhos utilizados, experimentalmente, para avaliar as extensões ocorridas num dado ponto e numa dada direção dum provete. Na realidade, os extensómetros apenas medem a variação da distância (ΔL) de dois pontos inicialmente afastados (L), sendo a extensão dada pela expressão:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} \quad (4)$$

Neste ensaio, os extensómetros são colocados em todas as faces laterais dos provetes prismáticos, sendo que nas faces opostas eles vão ser colocados na mesma posição, horizontal ou vertical, conforme mostra a Figura IV.13.

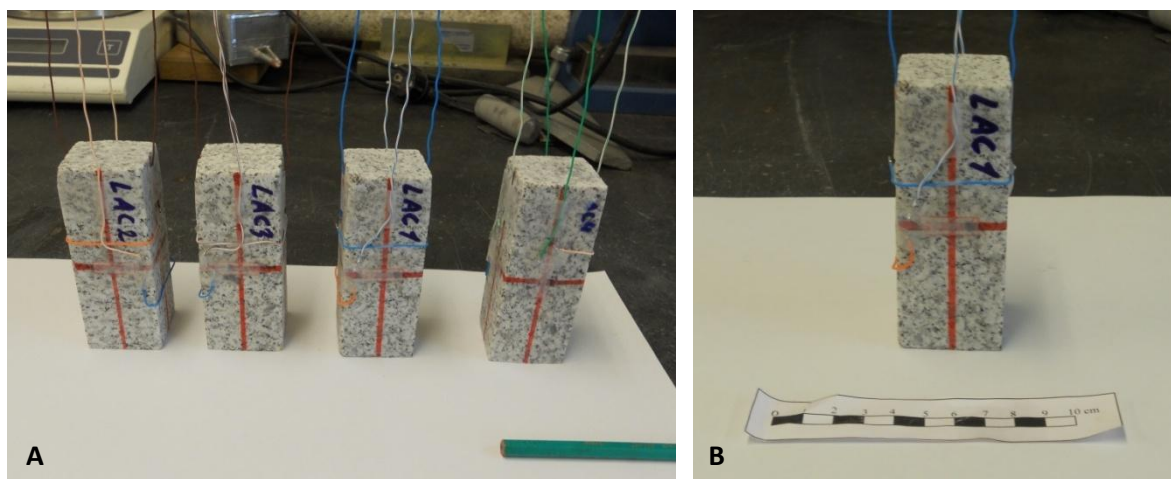


Figura IV.13 – Provetes para o ensaio de resistência à compressão uniaxial, com extensómetros colocados.

Associados aos extensómetros foram colocados fios elétricos, cuja função é a de assegurar a ligação entre os primeiros e o computador, possibilitando assim o registo das

extensões horizontal e vertical experimentadas pela amostra ao longo do ensaio. A aquisição destes dados permite o cálculo dos módulos de Young e de Poisson.

Assim que todos os provetes se encontrem preparados, procede-se à realização do ensaio propriamente dito. Cada provete é ensaiado individualmente e é colocado no centro do prato inferior da prensa (Figura IV.14A) de modo a obter-se um apoio uniforme. A carga é então aplicada, segundo um incremento constante (neste caso, correspondente a uma velocidade de 0,2 mm/min), até se verificar a rutura do provete (Figura IV.14B). É registada a carga máxima suportada pelo provete com aproximação a 10 kN.

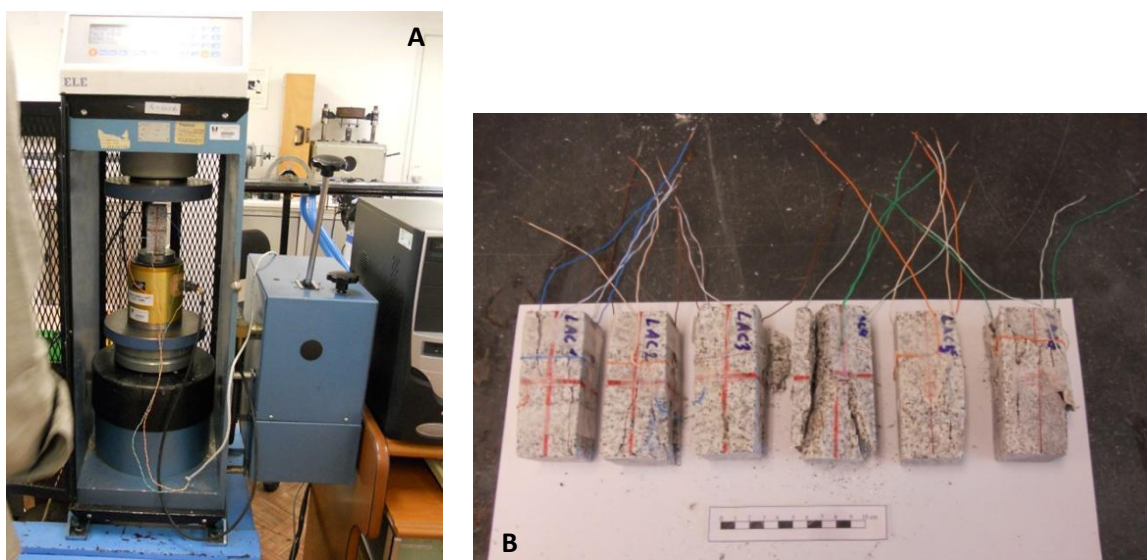


Figura IV.14 - Prensa de compressão uniaxial (A) e provetes ensaiados (B).

O valor correspondente à resistência à compressão uniaxial, R_c , de cada provete é expressa através da razão entre a carga de rutura (F) do provete e a área da sua secção transversal (A):

$$R_c = \frac{F}{A} \quad (5)$$

IV.2.3 – Determinação da resistência à flexão sob carga centrada

No ensaio de flexão sob carga centrada avalia-se a resistência da rocha quando utilizada em situações que possam provocar esforços fletores (flexão e tração simultaneamente), como, por exemplo, em painéis de edifícios, bancadas e pavimentos, onde se verifica uma pressão de carga perpendicular à maior superfície da placa, devido à pressão do vento ou ao peso dos objetos colocados sobre as bancadas e pisos. Os

resultados deste ensaio vão determinar qual o maior tamanho e/ou menor espessura que uma placa de rocha pode ter para suportar as condições estruturais e atmosféricas locais.

A determinação da resistência à flexão sob carga centrada foi efetuada com base na Norma Portuguesa NP EN 12372:2008. O princípio deste método de ensaio consiste na colocação de um provete sobre dois cilindros de apoio (Figura IV.15) e na aplicação progressiva de uma força no meio do provete até a rutura do mesmo. Procede-se de seguida à medição da força máxima exercida e calculada a resistência à flexão.

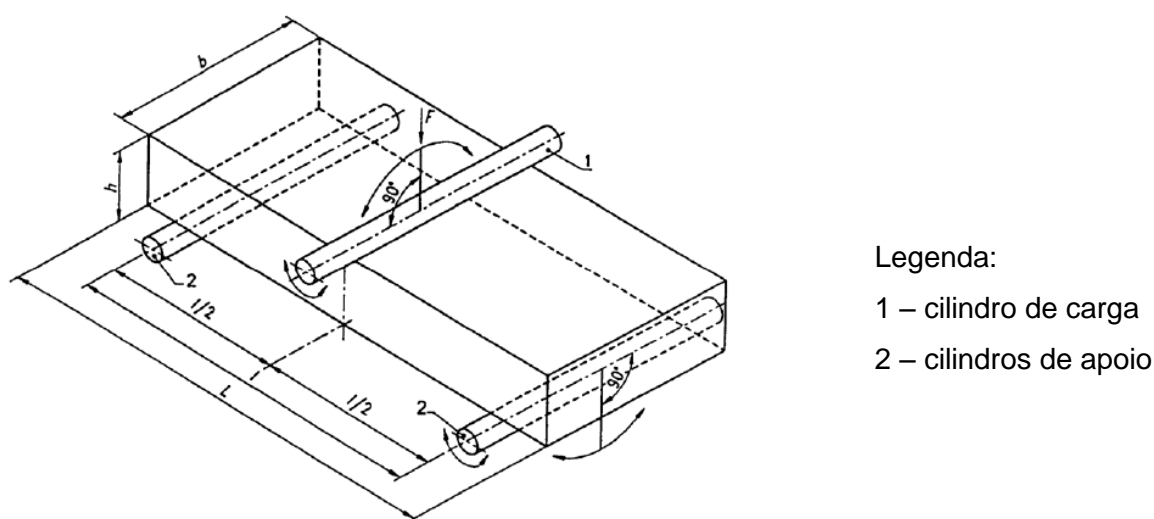


Figura IV.15 – Esquema do dispositivo de carga de um provete (carga centrada), extraído de NP EN 12372:2008.

Para a aquisição dos valores de resistência à flexão foram usados 6 provetes com as dimensões 3 cm x 3 cm x 20 cm.

O procedimento deste ensaio é bastante simples e começa pela verificação das medidas dos provetes e a respetiva limpeza da superfície dos mesmos, com vista à remoção de quaisquer partículas soltas que neles possam existir. Seguidamente cada provete é colocado e centrado nos cilindros de apoio (Figura IV.16) e o cilindro de carga é colocado a meio do provete. A carga é incrementada uniformemente a uma taxa de $0,25 \pm 0,05$ MPa/s, até que ocorra a rutura do provete (Figura IV.17).



Figura IV.16 – Dispositivo de carga centrada.



Figura IV.17 – Provete após ensaio de flexão.

O valor correspondente à resistência à flexão sob carga centrada, R_f , de cada provete é calculado através da seguinte expressão:

$$R_f = \frac{3Fl}{2bh^2} \quad (6)$$

onde,

F – Força de rutura (N)

l – Distância entre os cilindros de apoio (mm)

b – Largura do provete junto ao plano de fratura (mm)

h – Espessura do provete junto ao plano de fratura (mm)

Todas as distâncias aqui referidas são medidas com uma regra graduada.

IV.2.4 – Análise Petrográfica

A análise petrográfica foi efetuada, tendo em conta as recomendações da Norma Portuguesa NP EN 12407:2008, que se aplicam às rochas plutónicas.

O exame petrográfico permite determinar a composição mineralógica e natureza da rocha, caracterizar a sua textura e microfissuração e, ainda, identificar o estado de alteração dos minerais constituintes. Todos estes aspetos influenciam a qualidade do material nas suas diversas aplicações. Assim por exemplo, a resistência de uma rocha ao desgaste abrasivo é, regra geral, proporcional à dureza dos seus minerais constituintes e por isso, entre os granitos, a resistência ao desgaste e aos riscos será tanto maior quanto maior a quantidade de quartzo (dureza 7) relativamente aos feldspatos (dureza 6) e ferromagnesianos (dureza 4-6). Os minerais máficos (escuros) são mais alteráveis por oxidação que os minerais félsicos (claros), pelo que a sua excessiva presença poderá, com o tempo, modificar o padrão cromático da rocha. A textura da rocha, quantidade de microfissuras e cavidades, estado de alteração e alterabilidades dos minerais, são também elementos muito significativos, auxiliares na previsão do desempenho da pedra em termos de manutenção da cor, durabilidade e resistência.

Inicialmente foi realizada a descrição macroscópica das amostras de granito colhidas. De seguida, foi examinada uma lâmina delgada preparada a partir de uma amostra retirada do mesmo local dos provetes anteriormente ensaiados. Foram preparadas lâminas delgadas, com secção polida, tendo estas sido analisadas com recurso a um microscópio petrográfico, de forma a obter-se uma descrição microscópica da amostra.

Sobre as lâminas delgadas foram realizadas, para além da caracterização mineralógica e da contagem de pontos, a descrição da textura e a análise e contagem dos tipos de contactos diferentes assim como das microfissuras intergrão e intragráo. Deu-se também especial atenção ao estado de alteração dos principais minerais constituintes da rocha.

Nas rochas magmáticas, a textura descreve a cristalinidade da rocha, a dimensão e a forma dos cristais e as relações e arranjos dos seus constituintes. Embora em algumas rochas seja possível observar, à vista desarmada, alguns dos aspetos referidos, uma descrição pormenorizada da textura implica sempre uma observação da rocha ao microscópio ótico. Assim, a amostra analisada foi caracterizada, segundo os parâmetros que constam em Castro Dorado (1989), em termos de:

- **Cristalinidade** – dada pela proporção relativa de material cristalizado (cristais) e de material não cristalizado (vidro). Segundo este critério é possível definir três tipos de texturas:

- Holocristalina – constituída essencialmente por cristais (mais de 90%);
- Hipocristalina – constituída por uma parte vítrea e uma parte cristalina (nenhuma das partes atinge os 90%);
- Holohialina – constituída essencialmente por vidro (mais de 90%).

- **Dimensão dos cristais**

- fanerítica, quando os cristais são visíveis e identificáveis à vista desarmada;
grão muito grosseiro: > 10mm
grão grosseiro: 4 – 10 mm
grão médio: 1 – 4 mm
grão fino: < 1 mm
- afanítica, quando os cristais só são visíveis ao microscópio.
Microcristalinas (cristais identificáveis ao microscópio;
Criptocristalinas (cristais não identificáveis ao microscópio.

- **Tamanho relativo dos cristais**

- Equigranular, quando todos os seus cristais possuem dimensões semelhantes;
- Inequigranular, quando os cristais diferem substancialmente no tamanho.

- **Forma dos cristais**

- Idiomórfica, quando a maioria dos cristais (mais de 90%) são euédricos;
- Hipidiomórfica, quando os cristais são subeuédricos;
- Alotriomórfica, quando a maior parte dos cristais (mais de 90%) são anédricos.

Para além das texturas definidas com base nos aspetos acima referidos, existem outras, referidas por alguns autores como "texturas especiais", visto que raramente

afetam toda a rocha ou aparecem relacionadas com uma fase mineral ou associação de fases minerais. São exemplos de texturas especiais as texturas mirmequítica e gráfica.

Quanto ao tipo de contacto entre os grãos, foram considerados três tipos básicos de contactos (Figura IV.18):

- contacto plano;
- contacto côncavo-convexo;
- contacto serrilhado.

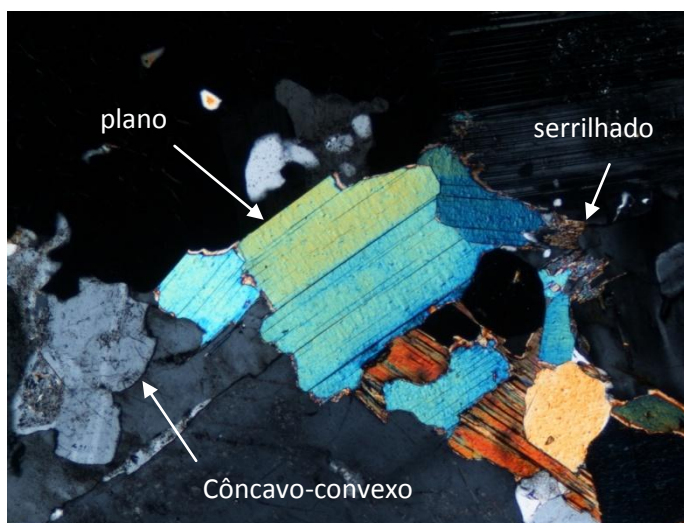


Figura IV.18 – Tipos de contatos minerais.

A alteração mineral, foi quantificada em termos de percentagem de área alterada dos minerais, tendo-se optado pelas seguintes designações:

- Ausente: 0%;
- Incipiente: < 30%
- Moderada: 30 – 60%;
- Intensa: > 60%.

No presente caso, a alteração é verificada, principalmente, nos feldspatos potássicos, plagióclases e biotite, como consta na secção relativa aos resultados.

Relativamente ao microfissuramento, foi quantificado a partir da média aritmética de microfissuras intergrão e intragrão por mm².

IV.3 – RESULTADOS

IV.3.1 – Caracterização Macroscópica e Análise Petrográfica

O granito da pedreira de Rebordinho (E1) é de grão médio e apresenta uma textura holocristalina, fanerítica, hipidiomórfica inequigranular. A rocha é composta por quartzo (36,92%), feldspato potássico (ortoclase e microclina) (30,84%), plagioclase (21,76%), biotite (5,76%) e moscovite (4,37%). Como acessórios ocorrem apatite e minerais opacos, alguns dos quais correspondem, provavelmente a rútilo (Figura IV.19A e B). Nos bordos dos cristais de plagioclase, em contacto com grão de feldspato potássico, ocorrem com alguma frequência texturas mirmequíticas (intercrescimento de plagioclase com quartzo vermicular) (Figura IV.19C e D). À escala microscópica não se observa qualquer orientação preferencial dos minerais constituintes. Devido ao predomínio de minerais félsicos como o quartzo e o feldspato, o granito de Rebordinho é uma rocha de cor clara, acinzentado e portanto, leucocrata.

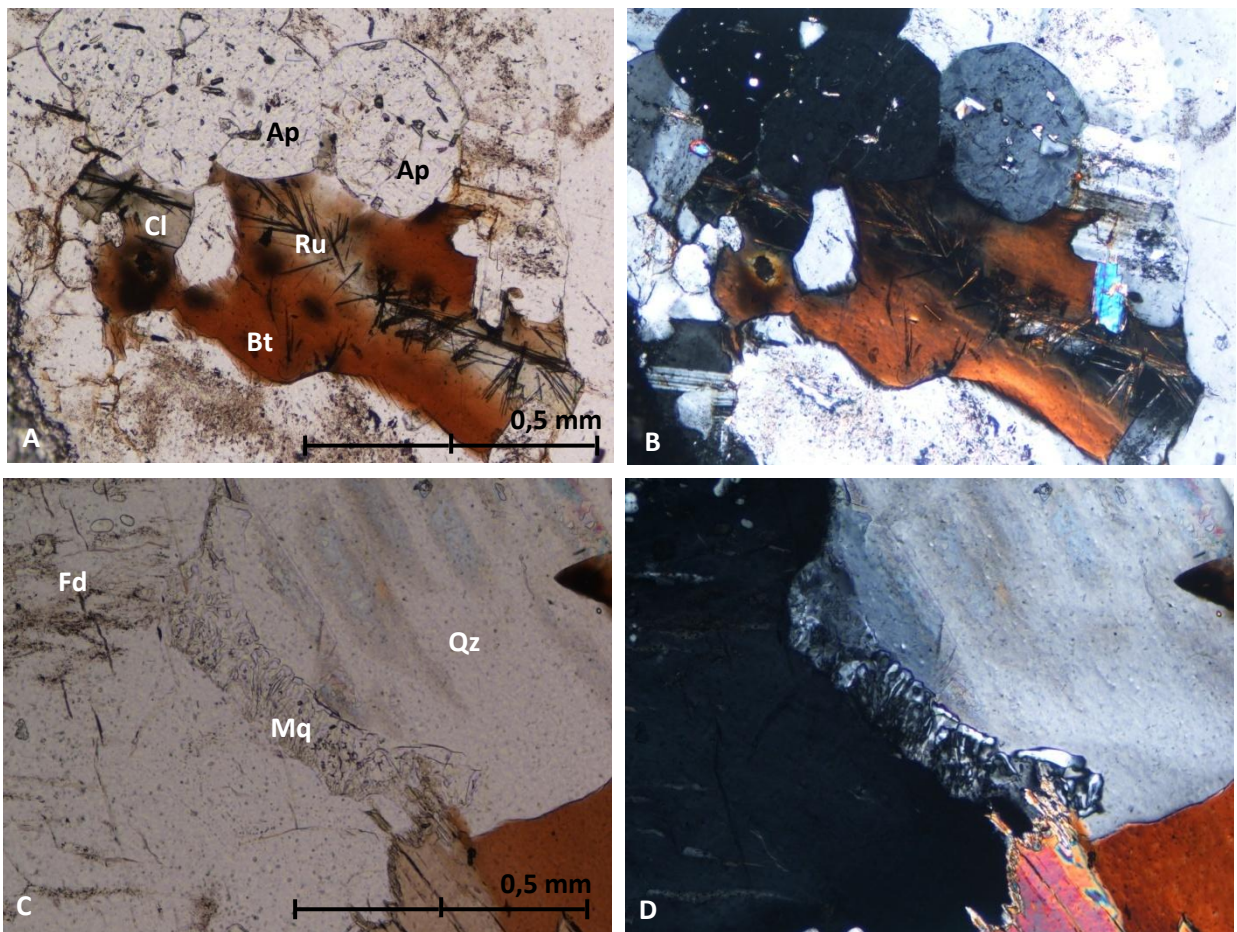


Figura IV.19 – A e B – Pormenor da biotite (Bt) alterada em clorite (Cl) e rútilo (Ru), com alguns cristais de apatite (Ap); C e D – Pormenor de mirmequite (Mq) entre grãos de quartzo (Qz) e feldspato (Fd). imagens A e C em nicóis paralelos e B e D em nicóis cruzados.

O quartzo ocorre predominantemente sob a forma de cristais anédricos, mostrando, recorrentemente, extinção ondulante. É também importante referir que, embora o quartzo seja um mineral resistente, na amostra observada, este mineral apresentava-se, muitas das vezes, fraturado (Figura IV.20A e B).

A biotite aparece como cristais sub-euédricos e é facilmente identificada pelo seu hábito lamelar, cor castanha e pelo seu pleocroísmo. Com alguma frequência apresenta halos pleocroicos e contém inclusões de rútilo. A alteração para clorite afeta de modo incipiente a maior parte dos grãos, sobretudo nos bordos e ao longo dos planos de clivagem, embora possam ser encontrados pontualmente alguns grãos de biotite completamente substituídos por clorite (Figura IV.20C e D).

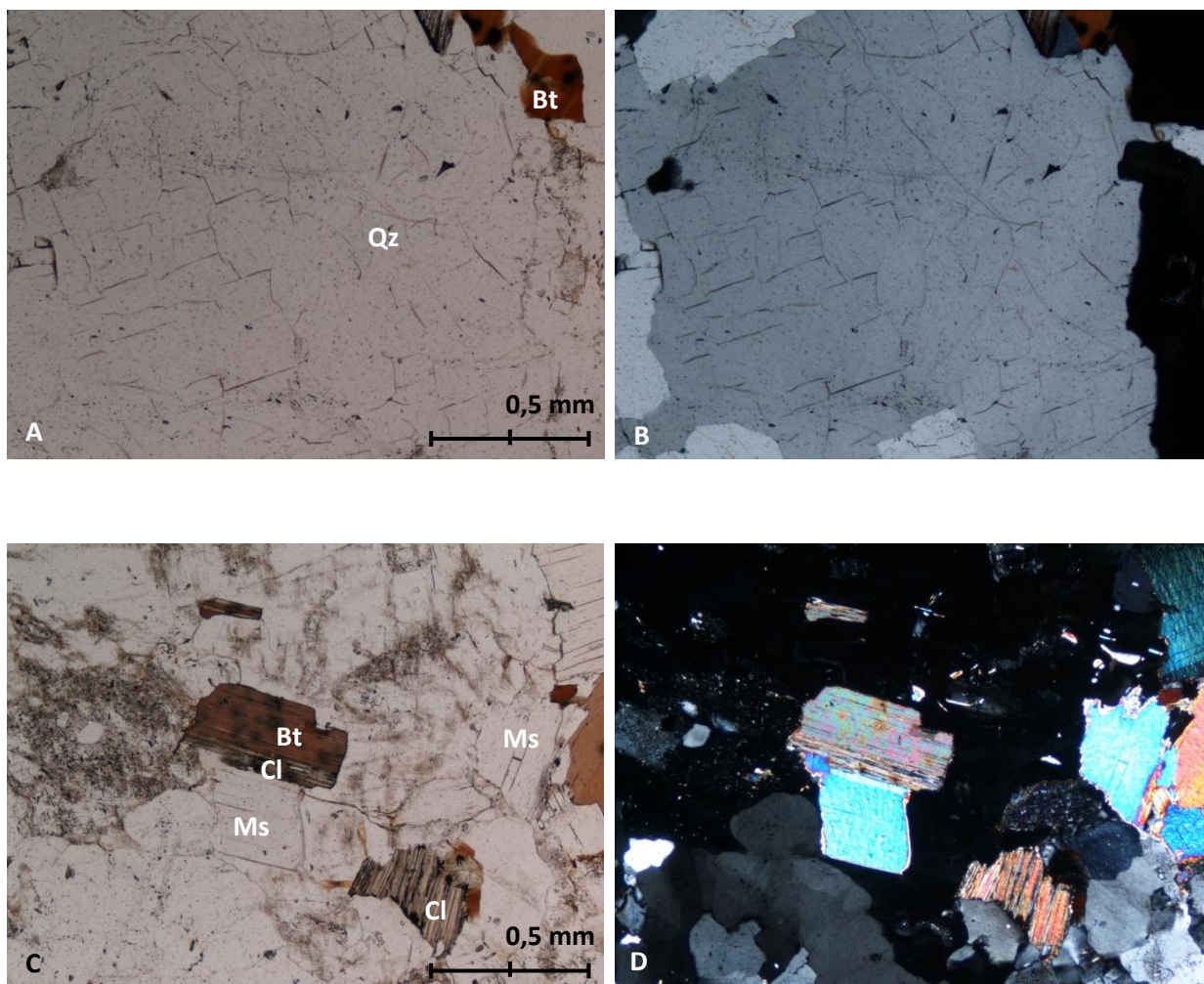


Figura IV.20 – A e B – Pormenor mostrando quartzo (Qz) fraturado; C e D – Pormenor da biotite (Bt) alterada em clorite (Cl) e alguns cristais de moscovite (Ms). imagens A e C em nicóis paralelos e B e D em nicóis cruzados.

Relativamente ao feldspato potássico, este encontra-se muitas vezes afetado pela sericitização, e sob a forma de cristais sub-euédricos a anédricos. Quando o feldspato potássico não se encontra alterado, e como aspeto distintivo do quartzo, este mineral apresenta-se menos límpido. Ainda no que diz respeito ao feldspato potássico, este surge algumas vezes sob a forma de microclina (Figura IV.21A e B), evidenciada pelo seu aspeto característico em nicóis cruzados. Por vezes, o feldspato também ocorre com macla de ortose e apresenta pertites (Figura IV.21C e D). Quanto à plagioclase, esta apresenta-se sob a forma de cristais sub-euédricos e também está, algumas vezes, afetada de alteração (sericitização). Foi utilizado o método de Michel-Lévy, descrito em NESSE (1991), como forma de determinação do tipo de plagioclase existente na amostra analisada. Este método foi aplicado em seis plagioclases distintas, tendo sido verificado que todas elas correspondiam a albite. A maioria das plagioclases da amostra apresenta a macla de albite, sendo que também são visíveis alguns grãos com macla de Carlsbad-albite.

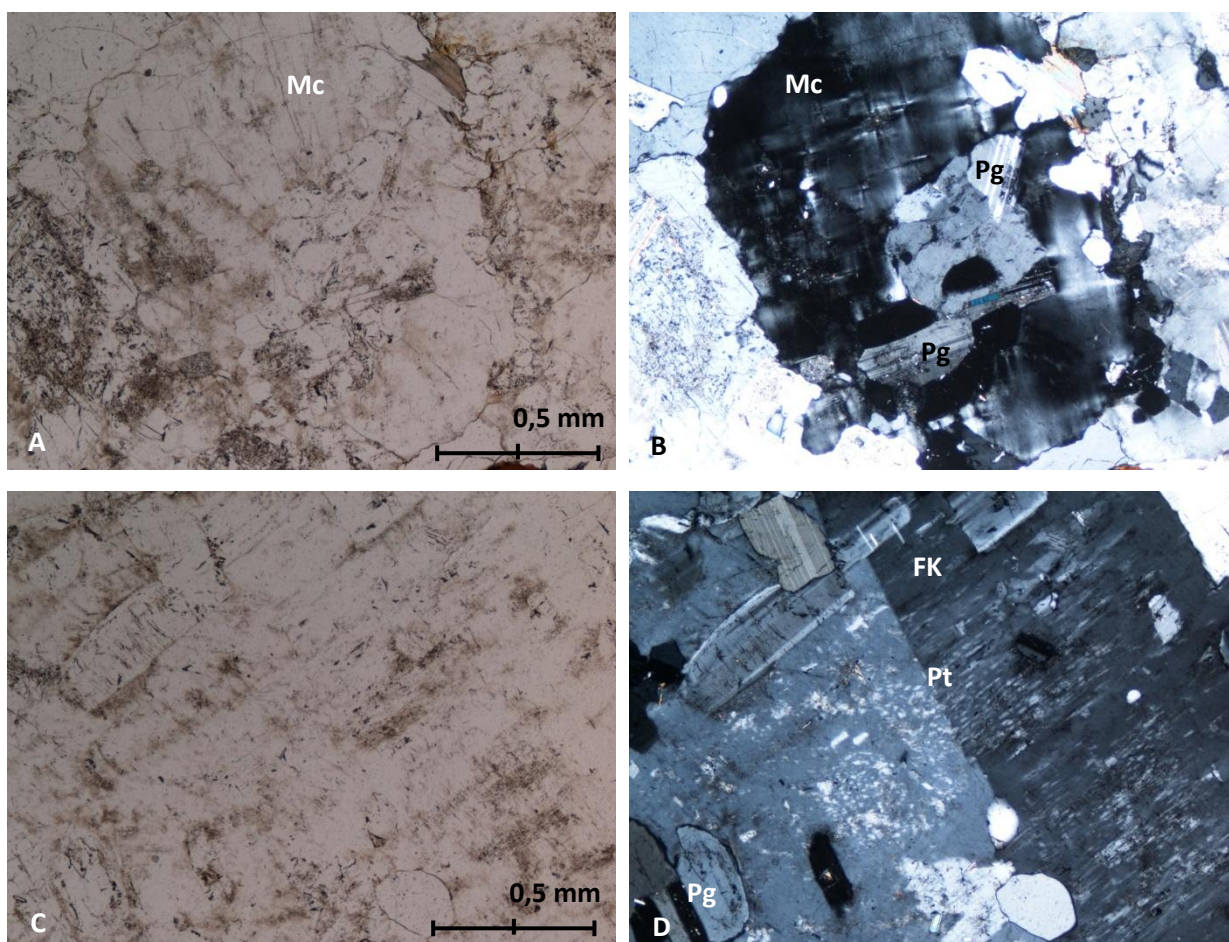


Figura IV.21 – A e B – Pormenor de microclina (Mc) com inclusão de plagioclases (Pg); C e D – Feldspato potássico (FK) apresentando macla de ortose e pertites (Pt). imagens A e C em nicóis paralelos e B e D em nicóis cruzados.

Os contactos planos entre os grãos são, principalmente, encontrados entre as faces laterais das micas (biotite e moscovite) e os minerais circundantes, enquanto que nas restantes faces das micas o tipo de contato é o serrilhado. Quanto ao contato do tipo côncavo-convexo, o mais abundante, é observado, maioritariamente, entre o quartzo e os feldspatos (potássicos e plagioclases) (Figura IV.22A e B).

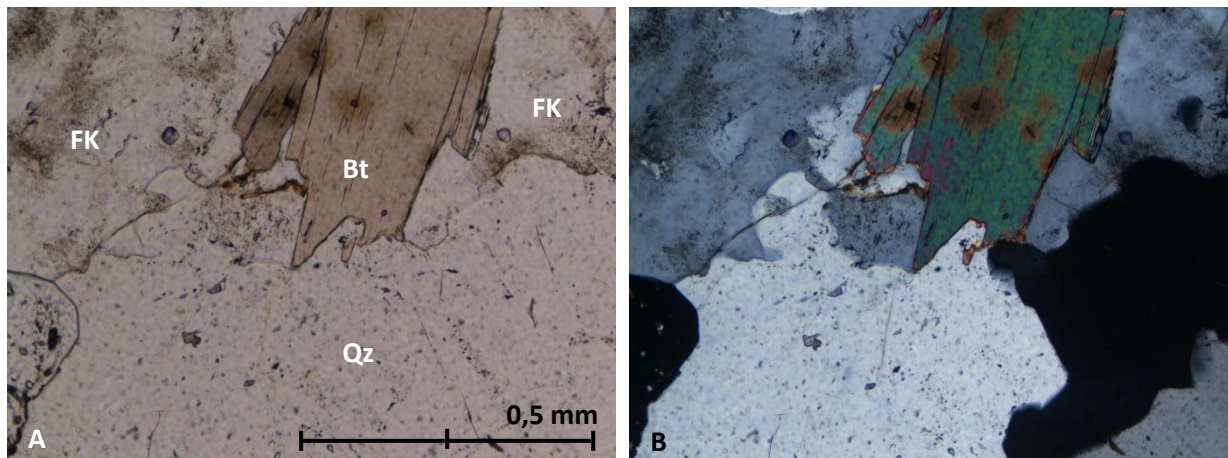


Figura IV.22 – Contacto plano e serrilhado entre biotite (Bt) e quartzo (Qz), contacto plano entre feldspato potássico (FK) e biotite e contacto côncavo-convexo entre grãos de quartzo e feldspato potássico, nicóis paralelos (A) e nicóis cruzados (B).

Em termos de estado de microfissuração, verifica-se que a quase totalidade das microfissuras (99,5%) ocorrem no interior dos grãos (intragrão), sendo raras as que atravessam os limites dos cristais. O número total de microfissuras do granito da pedreira de Rebordinho, 8,6 por mm^2 , parece bastante elevado relativamente aos valores encontrados em rochas graníticas de elevada qualidade. A título de comparação, refira-se, por exemplo, que Mattos (2005) e Navarro (2006) contabilizaram, respetivamente, apenas 0,2 a 0,31 e 1,36 a 2,45 fraturas/ mm^2 em granitos do Brasil.

Outro aspeto relevante é o facto da estrutura da amostra observada ser isotrópica, uma vez que os minerais apresentam uma distribuição e orientação aleatória na rocha.

A informação relativa à análise petrográfica encontra-se compilada no Quadro IV.6.

Quadro IV.6 - Síntese das características petrográficas do granito de Rebordinho.

Características petrográficas		Granito de Rebordinho
Cor		Cinzentos claro
Estrutura		Isotrópica
Textura		Holocrystalina, Fanerítica, Hipidiomórfica inequigranular
Granulação		Média (1 – 4 mm)
Mineralogia (%)	Quartzo	36,92
	Plagioclase	21,76
	Feldspato Potássico	30,84
	Biotite	5,76
	Moscovite	4,37
	Apatite	0,25
	Mirmequite	0,02
	Opacos	0,08
	Total de minerais máficos (biotite+opacos)	5,84
QAP recalculado	Quartzo	41,25
	Feldspato Potássico	34,45
	Plagioclase	24,31
Microfissuras	Total/mm ²	8,57
	Intragrão (%)	99,47
	Intergrão (%)	0,53
Contato (%)	Côncavo-convexo	53,2
	Serrilhado	19,7
	Plano	27,1
Alteração Mineral	Feldspato Potássico	Moderada
	Plagioclase	Moderada
	Biotite	Incipiente
Classificação Petrográfica		Granito

A análise modal efetuada, através da contagem de 5124 pontos da lâmina delgada, permite utilizar a classificação IUGS (classificação de Streckeisen) para rochas plutônicas onde o índice de cor é inferior a noventa (Figura IV.23) (adaptado de LE MAITRE, 2002). As proporções de quartzo, feldspato potássico e plagioclase foram recalculadas e, posteriormente, projetadas no diagrama triangular QAP, obtendo-se a designação da rocha, de acordo com este sistema de classificação. No caso presente, o granito de Rebordinho projeta-se no campo dos monzogranitos.

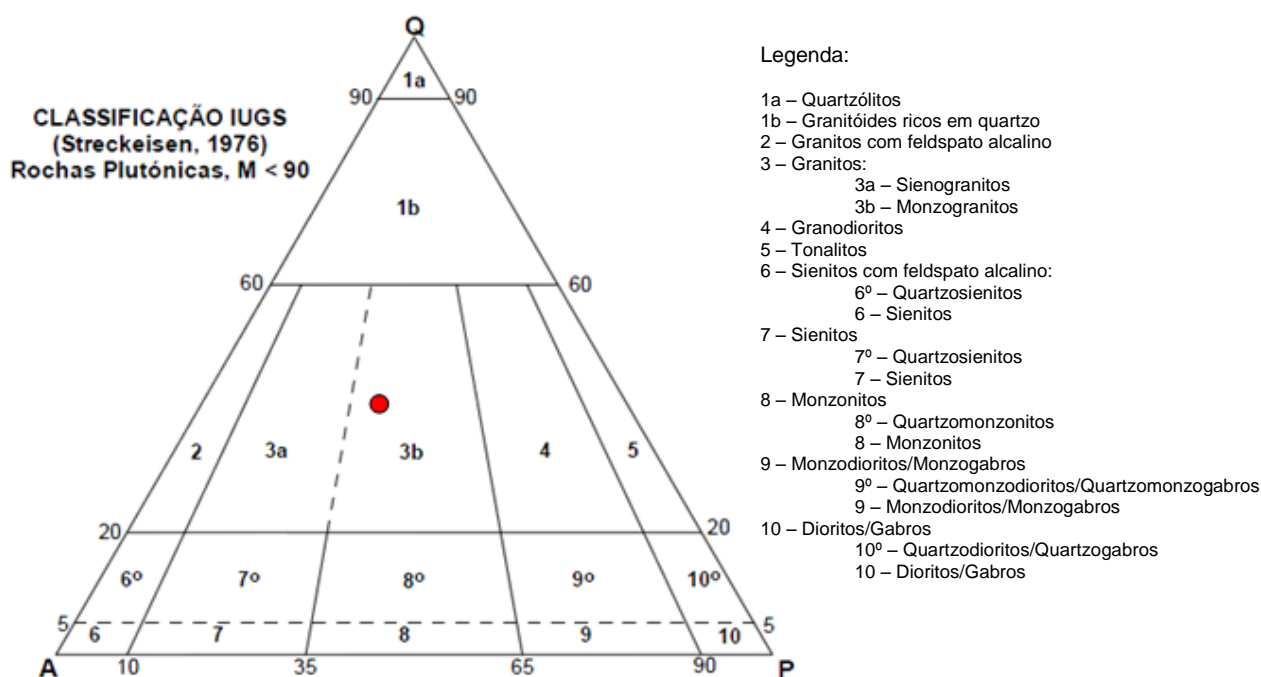


Figura IV.23 – Diagrama QAP para rochas plutônicas, com a projeção da amostra em estudo.

Segundo a projeção efetuada, o granito estudado encontra-se na secção correspondente aos granitos, como era previsto pela análise dos restantes parâmetros já abordados.

IV.3.2 – Geoquímica

Os estudos geoquímicos visam complementar os estudos geológicos e petrográficos, proporcionando uma melhor caracterização da rocha em causa. A composição química correlaciona-se com a composição mineralógica e, em consequência, com as propriedades físico-mecânicas das rochas, sendo frequente encontrar dados geoquímicos nos catálogos de rochas ornamentais, nomeadamente das proporções de elementos maiores.

A determinação dos teores em elementos maiores e traço foi efetuada por fluorescência de raios X (FRX) no espectrómetro Philips PW 1400 (Figura IV.24) do Departamento de Geociências da Universidade de Aveiro, sob a supervisão da Professora Maria do Rosário Azevedo e da Engenheira Cristina Sequeira.



Figura IV.24 – Porta amostras do aparelho de fluorescência de raios X (FRX).

Para se proceder a análise química da amostra recolhida na pedreira de Rebordinho, a rocha teve que ser previamente sujeita a várias fases de preparação: 1) fragmentação numa prensa hidráulica para obter pedaços de tamanho adequado para introdução no moinho de maxilas; 2) lavagem e secagem em estufa; 3) moagem em moinho de maxilas até à redução máxima possível do tamanho de grão (Figura IV.25); 4) quartilha ou redução da amostra a pequenas porções representativas da amostra inicial e (Figura IV.26) e 5) cominuição ou redução da granulometria das partículas que constituem a amostra até à sua pulverização.



Figura IV.25 – Moinho de maxilas.

Antes da fase de quartilha, pode também ser realizada uma fase de homogeneização das amostras que pode ser feita manualmente ou em misturadores mecânicos.



Figura IV.26 – Quartilha manual.

O processamento da amostra envolveu, por fim, a preparação de pastilhas prensadas para serem colocadas no porta-amostras do aparelho de fluorescência de raios X. A confecção de pastilhas prensadas requer que as amostras sejam previamente reduzidas a pó (cominuição) no moinho de anéis (ou panela de ágata). O moinho de anéis é constituído por uma panela de aço, revestida interiormente com ágata e no interior do qual se introduzem dois discos (anéis) concêntricos, também de ágata. A rotação e trepidação do dispositivo provoca a pulverização da amostra, obtendo-se no final uma granulometria que pode ir, em alguns casos, até aos 60-70 μm ($1\mu\text{m} = 10^{-3}\text{ mm}$). Para reduzir a granulometria das amostras, colocam-se na panela de ágata cerca de 150g dos fragmentos de amostra saídos do moinho de maxilas após quarteamento, sendo agitados no agitador N.V.TEMA durante alguns minutos (Figura IV.28).

Depois, usam-se aproximadamente 10g de amostra e adicionam-se entre 5 a 6 gotas de moviol, que é um álcool aglutinante. Em seguida, coloca-se a mistura num molde estandardizado e prensa-se durante 30 segundos com uma força até 15 toneladas (t). Passado esse tempo diminui-se gradualmente a pressão e deixa-se secar. Por fim, as pastilhas são colocadas no porta-amostras do aparelho de fluorescência de raios X, de modo a se proceder à sua análise.



Figura IV.27 – Moinho de anéis (A, B e C) de ágata.

A composição química das amostras de rocha é geralmente expressa em percentagem ponderal dos óxidos dos elementos maiores e em p.p.m. para os elementos traço. Os resultados obtidos na amostra analisada encontram-se no Quadro IV.7.

Quadro IV.7 - Análises químicas de uma amostra do granito de Rebordinho.

Elementos maiores	%	Elementos traço	p.p.m.
SiO ₂	71,51	V	16,5
TiO ₂	0,34	Cr	19,6
Al ₂ O ₃	16,70	Mn	104,4
Fe ₂ O ₃ (T)	1,43	Ni	2,1
MgO	0,56	Zn	69,1
CaO	0,96	Ga	22,7
Na ₂ O	2,68	Br	5,5
K ₂ O	4,46	Rb	222,6
P ₂ O ₅	0,39	Sr	147,3
LOI*	0,87	Zr	107,0
Total	99,90	Nb	4,7
* Perda ao rubro ou <i>loss on ignition</i> . Quantifica o teor em voláteis (e.g. H ₂ O, CO ₂) presentes na estrutura cristalina dos minerais, que só são libertados por aquecimento a alta temperatura.		Sn	4,3
		Cs	5,8
		Ba	416,7
		La	16,6
		Ce	35,6
		Nd	19,9
		Tl	3,1
		Pb	34,2
		Th	12,4
		U	5,7

IV.3.3 – Índices Físicos

Na análise dos resultados foram considerados os valores de referência das especificações da American Society for Testing and Materials (ASTM) (Quadro IV.8), no que diz respeito aos granitos, para os ensaios de caracterização tecnológica, por forma a avaliar o seu potencial para aplicação como rochas ornamentais.

Quadro IV.8 – Valores de referência das especificações ASTM, para rochas graníticas ornamentais utilizadas no revestimento de edificações.

Testes físico-mecânicos Referenciados pela Normalização Europeia	Valores de referência da ASTM
Massa volúmica aparente	$> 2560 \text{ kg/m}^3$
Porosidade aberta	$< 1\%$
Absorção de água à pressão atmosférica	$\leq 0.4 \%$
Resistência à compressão uniaxial	$> 131 \text{ MPa}$
Resistência à flexão	$> 10,3 \text{ MPa}$

Os resultados obtidos nas amostras estudadas neste trabalho, relativamente aos valores da massa volúmica aparente, da porosidade aberta e da absorção de água à pressão atmosférica encontram-se registados nos Quadros IV.9 e IV.10.

Os respetivos cálculos foram efetuados de acordo com as expressões (1), (2) e (3). Como se verifica, os dados obtidos para os índices físicos são bastante semelhantes nos seis provetes ensaiados, apresentando todos eles valores que satisfazem os requisitos recomendados pela ASTM para a utilização como rocha ornamental (Quadro IV.8), à exceção da amostra LA5, que possui um valor de porosidade aberta ligeiramente superior ao aceitável. Ao contrário do que seria de esperar, não se observa uma clara correlação inversa entre a massa volúmica de cada amostra e a respetiva porosidade aberta (Figura IV.28). Tal facto poderá ser devido a alguma heterogeneidade na proporção dos minerais mais densos (por exemplo, da biotite) e/ou a diferentes índices de microfissuração nas amostras ensaiadas. Assim, por exemplo, o provete com a designação LA5, possivelmente apresenta uma maior % de biotite e/ou opacos e maior quantidade de microfissuras do que o provete LA1, com menor massa volúmica e menor porosidade aberta.

Quadro IV.9 – Resultados para os ensaios de Massa Volúmica Aparente e Porosidade Aberta.

Provete	Massa Inicial (g)	Massa Seca – m_d (g)	Massa Saturada – m_s (g)	Massa Hidrostática – m_h (g)	Massa Volúmica Aparente – ρ_b (kg/m^3)	Porosidade Aberta – p_0 (%)
LA1	345,01	344,83	346,03	215,48	2636,081	0,919
LA2	344,16	343,98	345,2	214,92	2635,033	0,936
LA3	344,94	344,76	345,86	215,35	2636,353	0,843
LA4	339,4	339,23	340,44	211,96	2635,052	0,942
LA5	345,58	345,41	346,78	216,04	2636,677	1,048
LA6	346,21	346,02	347,26	216,07	2632,273	0,945
Valor médio					2635,24	0,939
Valor referência					> 2560 kg/m^3	< 1%

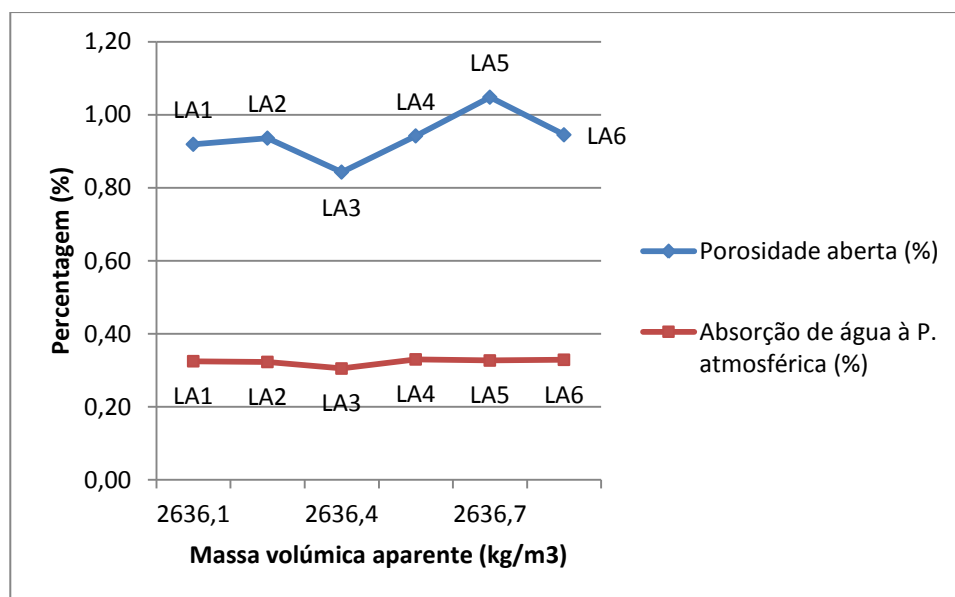


Figura IV.28 – Massa volúmica aparente versus porosidade aberta e absorção de água à pressão atmosférica nas seis amostras de granito.

Os valores de absorção de água à pressão atmosférica, praticamente iguais em todas as amostras, são bastante baixos, indicando que as microfissuras não estão interconectadas entre si, o que é consistente com a escassa quantidade de microfissuras intergrão contabilizadas no estudo petrográfico (Quadro IV.6).

Quadro IV.10 - Resultados para o ensaio de Absorção de água à Pressão Atmosférica.

Provete	Massa Inicial (g)	Massa Seca – m_d (g)	Massa Saturada – m_s (g)	Absorção de água à P. Atm. – A_b (%)
LA1	345,01	344,83	346,03	0,325
LA2	344,16	343,98	345,2	0,323
LA3	344,94	344,76	345,86	0,305
LA4	339,4	339,23	340,44	0,330
LA5	345,58	345,41	346,78	0,327
LA6	346,21	346,02	347,26	0,329
Valor médio				0,323
Valor referência				$\leq 0.4 \%$

IV.3.4 – Resistência à compressão uniaxial

Os valores obtidos para os parâmetros determinados no ensaio de compressão uniaxial encontram-se expressos no Quadro IV.11.

Quadro IV.11 – Resultados para o ensaio de compressão uniaxial.

Provete	Módulo de Young – E (GPa)	Coefficiente de Poisson – ν	Resistência à compressão uniaxial $R_c = \sigma$ (MPa)
LAC1	40,80	0,29	72,27
LAC2	42,90	0,24	82,61
LAC3	32,50	0,20	86,83
LAC4	43,90	0,19	85,42
LAC5	27,10	0,27	67,93
LAC6	39,30	0,36	90,15
Valor médio			80,87
Valor referência			$>131 \text{ MPa}$

O módulo de Young ou módulo de elasticidade, E, é o quociente entre a resistência à compressão simples e a extensão axial da amostra e define a relação linear elástica que existe entre o esforço aplicado e a deformação produzida na direção de aplicação da força e corresponde ao declive da reta que define o domínio de comportamento elástico e linear da rocha, numa curva tensão-deformação axial (Figura IV.29). O coeficiente de Poisson, ν , é o quociente entre a extensão transversal e a extensão axial da amostra. Este parâmetro varia entre 0 e 0,5 mas, na maior parte das rochas tem um valor entre 0,25 e 0,33.

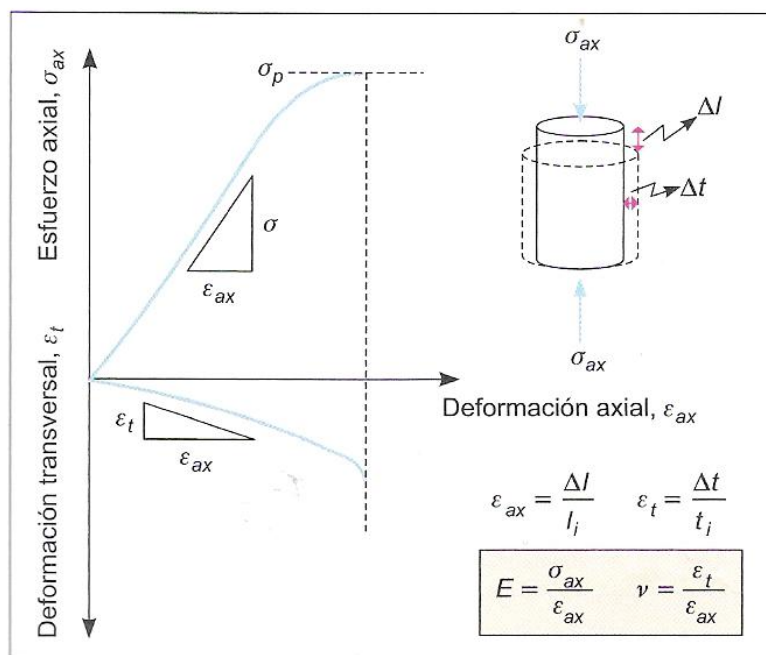


Figura IV.29 – Curvas de tensão-deformação teóricas, obtidas de um ensaio de compressão uniaxial.

No que diz respeito a granitos, o valor deste parâmetro encontra-se normalmente entre 0,1 e 0,4, o que indica que os valores obtidos se encontram dentro do aceitável para este tipo de rocha (Vallejo et al, 2002).

Na classificação das rochas proposta pela International Society of Rock Mechanics – ISRM (1977), todas as amostras estão inseridas na categoria das rochas “resistentes” (Quadro IV.12). Contudo, os valores obtidos nos ensaios efetuados ao granito da pedreira de Rebordinho, quando comparados com os limites indicados pela ASTM, indicam que as amostras em análise apresentaram valores de resistência à compressão uniaxial bastante inferiores aos recomendados e, como tal, tendo em conta apenas este parâmetro, a rocha em estudo não cumpre um dos requisitos para a sua utilização como rocha ornamental.

Tendo em conta que a análise petrográfica revelou que o estado de alteração dos minerais não é acentuado, este fator não parece ser determinante, embora possa ter também contribuído para os baixos valores da resistência à compressão das amostras.

O fraco desempenho do granito da pedreira de Rebordinho possivelmente será devido ao elevado índice de microfissuras que afetam, sobretudo, o quartzo e os feldspatos.

Quadro IV.12 – Classificação de rochas quanto à sua resistência à compressão uniaxial (ISRM, 1977).

Resistência à compressão simples uniaxial (MPa)	Descrição
< 1	Extremamente branda
1 – 5	Muito branda
5 – 25	Branda
25 – 50	Resistência média
50 – 100	Resistente
100 – 250	Muito resistente
> 250	Extremamente resistente

IV.3.5 – Resistência à flexão sob carga centrada

Os resultados do ensaio de flexão efetuado em seis corpos de prova encontram-se no Quadro IV.13 e o cálculo do respectivo valor da resistência à flexão foi efectuado de acordo com a expressão (6). Todas as amostras cumprem o requisito estabelecido pela ASTM para utilização como rocha ornamental, apresentando valores de resistência à flexão superiores a 10,3 MPa.

Quadro IV.13 – Resultados do ensaio de flexão.

Provete	Força de rutura – F (kN)	Distância entre cilindros – l (mm)	Largura do provete – b (mm)	Espessura do provete – h (mm)	R _f (MPa)
LAF1	1,55	120	2,8	2,7	13,68
LAF2	1,41	120	2,8	2,8	11,59
LAF3	1,77	120	3	2,6	15,74
LAF4	1,44	120	2,8	2,8	11,81
LAF5	1,97	120	3	2,7	16,19
LAF6	1,75	120	2,9	2,7	14,68
Valor médio					13,95
Valor referência					>10,3 MPa

CAPÍTULO V

CONCLUSÕES

CAPÍTULO V – CONCLUSÕES

Os granitos que ocorrem na região de Campia incluem-se no grupo dos granitoides sintectónicos relativamente à terceira fase de deformação Varisca. São granitos de duas micas, maioritariamente de grão médio que transitam em estreita relação espaço-temporal a granitos de granularidade mais fina ou grosseira, ou a granitos com textura porfiroide. Apesar do seu carácter sintectónico, estas rochas apresentam, regra geral, uma estrutura isotrópica, embora nas fácies porfíroides se possa observar localmente uma foliação pouco marcada, possivelmente de fluxo magmático, concordante com as estruturas regionais (NW-SE), sugerindo um controlo tectónico durante a instalação dos magmas.

A informação recolhida através do trabalho de campo e do estudo petrográfico das amostras, assim como dos resultados dos ensaios tecnológicos efetuados, permite retirar as seguintes conclusões:

1. O padrão de fracturação do maciço rochoso nos afloramentos estudados pode ser descrito através da presença de três famílias de diaclases: uma sub-horizontal e duas sub-verticais. Na família sub-horizontal estão incluídas as diaclases aproximadamente paralelas à superfície topográfica. Estas descontinuidades são encontradas na maior parte dos maciços graníticos e são interpretadas como resultantes da expansão causada pelo alívio de carga em virtude da remoção pela erosão das rochas suprajacentes ao plutão. Uma das famílias sub-verticais, com direção NE-SW, é concordante com a fracturação regional e a outra, com orientação WNW-ESE, poderá ser a sua conjugada, atendendo às relações angulares que apresentam entre si, embora não tenham sido encontrados no campo sinais de movimentação cisalhante nos planos de fractura.
2. A maior dispersão nos dados de orientação das diaclases e os piores resultados em termos da qualidade do maciço rochoso encontrados na pedreira de Rebordinho, comparados com os da estrada de Campia, parecem ser devidos à utilização intensiva de explosivos no desmonte da pedreira, que terão tido efeitos fracturantes importantes, aumentando a densidade das fracturas, a sua abertura e continuidade e, ainda, provocado a rotação de alguns blocos.
3. Tendo em conta a semelhança no padrão de diaclasamento nos dois locais estudados, é possível que os melhores valores dos parâmetros que caracterizam a fracturação obtidos nos taludes da estrada de Campia sejam extrapoláveis ao maciço rochoso da pedreira de Rebordinho sem os efeitos indesejados

provocados pelo sistema de desmonte. Por isso, pode-se considerar que os afloramentos da pedreira satisfazem uma das condições básicas, a do tamanho do bloco, para o fornecimento de rocha ornamental, desde que seja utilizado um método de extração adequado a esta finalidade.

4. As amostras estudadas do granito da pedreira de Rebordinho (localidade de Campia) apresentam valores dos parâmetros mineralógicos, petrográficos e físico-mecânicos que cumprem, na sua maioria, os requisitos exigidos pelas normativas internacionais, tendo em vista a utilização como rocha ornamental (Quadro IV.8). Os valores dos índices físicos e da resistência à flexão obtidos indicam a aptidão da rocha para revestimentos interiores e exteriores, tampos de mesa e balcões, pavimentos e placas em consola ou em outras solicitações à flexão. Saliente-se contudo que devido à baixa resistência à compressão simples que possui, a aplicação em elementos estruturais de suporte, como colunas e pilares, é desaconselhada.
5. Face as potencialidades do granito de Rebordinho no campo das rochas ornamentais, seria necessário a realização de ensaios complementares, nomeadamente para a determinação da resistência ao desgaste e ao choque, do coeficiente de dilatação térmica e da resistência ao gelo, de forma a obter uma caracterização mais completa da sua aptidão para diferentes finalidades e possibilitar uma melhor previsão da sua durabilidade.

É ainda de referir que o estudo levado a cabo, envolvendo trabalho de campo e trabalho laboratorial, permitiu aperfeiçoar as técnicas de orientação e de utilização da bússola para aquisição de dados de orientação de estruturas, adquirir maior experiência nas metodologias usadas na obtenção de dados que visam a caracterização geotécnica dos maciços rochosos e deu a oportunidade de conhecer laboratórios externos à Universidade de Aveiro, os do Instituto Superior Técnico de Lisboa, onde foi possível contactar com investigadores com grande experiência na caracterização tecnológica das rochas ornamentais. Por outro lado, a utilização de vários programas informáticos, permitiu adquirir novas competências neste domínio, nomeadamente no âmbito dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ÁVILA MARTINS, J. (1962) – *Contribuição para o conhecimento geológico da Região do Caramulo*. Junta de Energia Nuclear, Memória nº 35: 123-227.
- AZEVEDO, M.R. & VALLE AGUADO, B. (2006) – *Origem e instalação de granitóides variscos na Zona Centro-Ibérica*. In: *Geologia de Portugal no contexto da Ibéria* (Dias, R., Araújo, A., Terrinha, P. e Kullberg, C. Editores). Univ. de Évora (ISBN: 972-778-094-6): 107-121;
- CAMPOS, T.M.P., ANDRADE, M.H.N., VARGAS Jr., E.A. (1992) – *Unsaturated colluviums over rock slide in a forest site in Rio de Janeiro*. 6th International Symposium on Landslides, 1357– 1364.
- CASTRO DORADO, A. (1989) – *Petrografia Básica. Texturas, clasificación y nomenclatura de rocas*. Editorial Paraninfo, S.A. Madrid, 143 pp.;
- COSTA, L.R., MACHADO LEITE, M.R. & MOURA, A. Casal, (1995) – O futuro da Indústria das *Rochas Ornamentais*. Bol. Minas, vol. 32, (1), pp. 3-13, IGM, Lisboa;
- DIAS, G. (2001) - *Fontes de Granitóides Hercínicos da Zona Centro-Ibérica (Norte de Portugal): evidências isotópicas (Sr, Nd)*. Memórias da Academia das Ciências de Lisboa. Tomo XXXIX: 121-143;
- DÍEZ BALDA, M. A., VEGAS, R. & GONZALEZ LODEIRO, F. (1990) - Central Iberian Zone: Structure. In: *Pré-Mesozoic Geology of Iberian Peninsula*, Dallmeyer, R. D. and Martinez Garcia, E. (Eds). Springer Verlag, Berlín: 172-188;
- FERREIRA, N., IGLESIAS, M., NORONHA, F., PEREIRA, E., RIBEIRO, A., RIBEIRO, L. M., (1987) – *Granitóides da Zona Centro Ibérica e seu Enquadramento Geodinâmico*. In: *Geologia de los Granitoides y Rocas asociadas del Macizo Hesperico*. Libro Homenaje a L. C. Garcia de Figuerola. Editorial Rueda, Grafur S. A., Madrid;
- FERREIRA, A.M.P.J., (2000) – *Dados Geoquímicos de Base de Sedimentos Fluviais de Amostragem de Baixa Densidade de Portugal Continental: Estudo de Factores de Variação Regional* - Tese de doutoramento. Departamento de Geociências da Universidade de Aveiro;
- FILHO, Chiodi C. (1995). *Aspectos Técnicos e Económicos do Setor de Rochas Ornamentais*;
- FOSSEN, H. (2010). *Structural Geology*. Cambridge University Press. 480 pp;
- GALOPIM DE CARVALHO, A. M., (1984) – *Aspectos gerais da geomorfologia da Península Ibérica*, Geonovas. Vol. 1, nº7, 133-142;
- GIORGIO, D., KOPPE, J.C., QUADROS, T., KLEIN, K., LEITE, J.F.C. (2003). *Análise estrutural no planeamento de lavra de rocha ornamental*. Rev. Esc. Minas, Ouro Preto, vol.56 (3): 175-179;

IBARGUCHI, I.G., JULIVERT, M. & MARTÍNEZ, F.J. (1983) - La evolución de la Cordillera Herciniana en el tiempo. In: *Geología de España*. Libro Jubilar M. M. Ríos. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid: 607-612;

Instituto Geológico e Mineiro, (1983) – Catálogo das Rochas Ornamentais Portuguesas;

IPQ – Instituto Português da Qualidade (2008):

NP EN 1926 – Métodos de ensaio para pedra natural – Determinação da resistência à compressão uniaxial;

NP EN 1936 – Métodos de ensaio para pedra natural – Determinação das massas volumicas real e aparente e das porosidades total e aberta;

NP EN 12372 – Métodos de ensaio para pedra natural – Determinação da resistência à flexão sob carga centrada;

NP EN 12407 – Métodos de ensaio para pedra natural – Estudo Petrográfico;

NP EN 13755 – Métodos de ensaio para pedra natural – Determinação da absorção de água à pressão atmosférica;

ISRM. - International Society of Rock Mechanics (1977). *Suggested methods for the quantitative description of discontinuities in rock masses*. Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geom. Abstr., 15 (6): 319-368;

ISRM - International Society of Rock Mechanics (1981). *Basic geotechnical description of rock masses*. Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geom. Abstr., 18: 85-110.

LE MAITRE, R.W., (2002) - *Igneous Rocks: A classification and Glossary of Terms*, 2nd Edition; Cambridge University Press;

LISLE, R.J. & LEYSHON, P.R. (2004). *Stereographic Projection Techniques for Geologists and Civil Engineers*. Cambridge University Press, UK, 112 pp;

LOTZE, Franz (1945) – “Zur Gliederung der Varisziden der Iberischen Meseta”. Geotekt, Forsch.,6.p.78-92. Traduzida para o castelhano por J.M. Ríos (1950) – “*Observaciones respecto a la división de los variscides de la Meseta Ibérica*”, Publ. Extr. Geol. Espanha, 5, Madrid,p.149-166.;

MARRE, J. (1982). *Méthodes d'analyse structurale des granitoïdes*. Manuel et méthodes, n.º 3, 126p., BRGM;

MARTINEZ, F. & GIL-IBARGUCHI, I., (1983) - *El metamorfismo en el Macizo Iberico*. In: *Libro Jubilar J. M. Ríos, Geología de España*, Publ. Inst. Geol. Min. España, 1, 555-569;

MARTÍNEZ, F.J., JULIVERT, M., SEBASTIAN, A., ARBOLEYA, M.L. & GIL IBARGUCHI, J.I. (1988) - *Structural and thermal evolution of high grade areas in the northwestern parts of the Iberian Massif*. Am. J. Sci., 288: 969-996;

- MATTOS, I.C. (2005). *Geologia, petrografia, geoquímica, comportamento físico-mecânico e alterabilidade das rochas ornamentais do stock granítico Serra do Barriga, Sobral (CE)*. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista. 260 pp.;
- MENDES, A.F., KULLBERG, J.C., (1992) – *Drawing and use of auxiliary projection nets (the program STEGRAPH)*. Faculdade de Ciências e Tecnologia – UNL, Lisboa;
- MONTANI, C. (2007). *Stone 2007: Repertorio Economico Mondiale (World Marketing Handbook)*. Milano (Italia). Faenza Ed. 277 pp.;
- MOURA, A.Casal, (2000) – *Granitos e Rochas Similares de Portugal*. Publ. do Instituto Geológico e Mineiro. Marca–Artes Gráficas, Porto. 179p;
- MOURA, A. Casal, (2001) – *A pedra natural ornamental em Portugal – Nota breve*. Boletim de Minas, vol. 38, (3), pp. 161-177, I.G.M., Lisboa;
- MOURA, A. Casal (2006). *A pedra natural em Portugal e as suas características gerais - nota breve*. *Revista Rochas e Equipamentos*, nº 81, 1º trimestre: 29-50.
- NAVARRO, F.C. (2006). *Influência da petrografia sobre a anisotropia à tensão de compressão e dilatação térmica de rochas ornamentais*. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista. 179 pp.
- NESSE, William D., (1991) - *Introduction to optical mineralogy*. 2nd ed. Oxford University Press, New York, 335 p.;
- PEREIRA, Eurico, (1988) – *Soco hercínico da Zona Centro-Ibérica – evolução geodinâmica*, Geonovas, vol. 10, Lisboa, pp.13-35;
- PÉREZ-ESTAÚN A., BEA F., BASTIDA F., MARCOS A., MARTÍNEZ-CATALÁN J. R., MARTÍNEZ POYATOS D., ARENAS R., DÍAZ GARCIA F., AZOR A., SIMANCAS J. F. & GONZÁLEZ LODEIRO F., (2004) – *La cordillera varisca europea: el Macizo Ibérico*. In: Vera, J.A. (Ed). *Geología de España*. SGE-IGME, Madrid, 21-25;
- PINTO, M.S., CASQUET, C., IBARROLA, E., CORRETGÉ, L.G. & FERREIRA, M.R.P. (1987) - *Síntese Geocronológica dos Granitóides do Maciço Hespérico*. In: Bea, F.; Carnicero, A.; Gonzalo, J. C.; López Plaza, M. & Rodríguez Alonso, M. D., eds). *Geología de los granitoides y rocas asociadas del Macizo Hesperico* (Libro Homenaje a L. C. Garcia de Figuerola), Editorial Rueda, Madrid: 69-86;
- RAGAN, D.M. (2009). *Structural Geology: An Introduction to Geometrical Techniques*. Cambridge University Press. 624 pp;
- RIBEIRO, A., ANTUNES, M. T., FERREIRA, M. P., ROCHA, R. B., SOARES, A. F., ZBYSZEWSKI, G., ALMEIDA, F.M., CARVALHO, D. & MONTEIRO, J. H., (1979) – *Introduction à la Géologie Générale du Portugal*. Serviços Geológicos de Portugal da Direcção-Geral de Geologia e Minas, Lisboa;

RIBEIRO A., QUESADA C., DALLMEYER R.D., (1990). *Geodynamic Evolution of the Iberian Massif*. In: Dallmeyer R.D., Martinez Garcia (Eds.) *Pre-Mesozoic Geology of Iberia*. Springer-Verlag, Berlin, 399-409;

RIBEIRO A., SANDERSON D. (1996) - SW-Iberia: *Transpressional Orogeny in the Variscides*, in D. G. and Z. Gee, H. J., ed., EUROPROBE 1996 – *Lithosphere Dynamic: Origin and Evolution of Continents.*, EUROPROBE Secretariate, Uppsala University, 138 pp., p.91-95;

SHELLEY, David, (1975) - *Manual of optical mineralogy*. Elsevier Scientific, Amsterdam, 239 p.;

SOBREIRO, M. J. & VIEIRA, T., (2002) - *Rochas ornamentais e industriais portuguesas (elementos estatísticos de 1999 e 2000)*. Bol. Minas, vol. 39, (3-4), pp. 181-214, I.G.M., Lisboa;

STILLE, H. (1924) - *Grundfragen der Vergleichenden Tektonik*. Borntraeger, Berlin, 443 pp.;

TOYOS, J. M., TABOADA, J., LOMBARDERO, M., ROMERO, J. A., MENENDEZ, A., (1994) – *Estudio de las discontinuidades en yacimientos de roca ornamental*. Boletín Geológico y Minero. Vol. 105-1. pp. 110-118;

VALLE AGUADO, B., AZEVEDO, M.R., SCHALTEGGER, U., MARTÍNEZ CATALÁN, J.R. & NOLAN, J. (2005) - U-Pb zircon and monazite of Variscan magmatism related to syn-convergence extension in central northern Portugal. *Lithos*, 82: 169-184;

VALLEJO, L. I. G., FERRER M., ORTUÑO L., OTEO C., (2002) – *Ingeniería Geológica*. Pearson Educación, Madrid; ISBN: 84-205-3104-9; pp.744;

VELHO, José Lopes, (2005) - *Mineralogia Industrial, Princípios e aplicações*. Lidel-edições técnicas Limitada, 606 pp;

OUTRAS FONTES DE CONSULTA:

Revista Escola de Minas, v.56 n.3. Ouro Preto jul. 2003 - <http://dx.doi.org/10.1590/S0370-44672003000300005>

Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais. <http://www.abirochas.com.br>

Guia Técnico do Sector da Pedra Natural (2001). Coordenação: José Miguel Figueiredo. Edições INETI, Lisboa 2001, 66 pp.

Rochas Ornamentais Portuguesas. Edição on-line do INETI. <http://rop.ineti.pt/rop/>

ASTM-American Society for Testing and Materials. 1999. C 615/99. *Standard specification for granite dimension stone*.

ANEXOS

ANEXO I

ESTAÇÃO 1: Pedreira de Rebordinho

Nº Folha 1/25000: 187

Orientação transversal: N-S

Coordenadas (WGS84):

Altitude (m):

Extremo N

Extremo S

564184 E
45 00477 N

564168 E
45 00384 N

464

Datas:

15 Out 2010
23 Out 2010
24 Out 2010

#	Azimute geográfico	Inclinação	Sentido inclinação	ID Fam.	Espaçamento (cm)	Continuidade (m)	Rugosidade	Abertura (cm)	Preenchimento	Observações
1	82	83	S	1		20	V	0,5	Fragmentos rocha	Sinais de movimentação (algum esmagamento)
2	85	78	S	1	53	2,00	V	0		
3	84	73	S	1	35	3,00	IV	0		
4	90	79	S	1	150	20	VI	1	Não	
5	105	83	S	1	150	3,50	?	2	Não	
6	104	81	S	1	76	1,00	V	0		
7	102	76	S	1	93	1,50	VI	0,5	Fragmentos rocha	
8	109	89	N	1	200	2,00	V	?	Óxid Fe (mat. vermelho)	
9	80	82	N	1		10	V	1	Óxid Fe (mat. vermelho) e argilas	
10	106	76	S	1		2	V	0,5	Fragmentos rocha e argilas	
11	93	78	S	1	10	2	VI	0	Óxid Fe (mat. vermelho)	
12	102	82	S	1	3,5	1	VI	0	Óxid Fe (mat. vermelho)	
13	107	83	S	1	12	0,5	V	0	Óxid Fe (mat. vermelho)	
14	108	84	S	1	4	1,5	V	0	Óxid Fe (mat. vermelho)	
15	104	79	S	1	10,5	4	VI	0	Óxid Fe (mat. vermelho)	

Estação 1: Pedreira de Rebordinho

#	Azimute geográfico	Inclinação	Sentido inclinação	ID Fam.	Espaçamento (cm)	Continuidade (m)	Rugosidade	Abertura (cm)	Preenchimento	Observações
16	134	89	SW	1	15	1,5	V	1,5	Fragmentos rocha	
17	94	74	S	1	60	5	V	1,25	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha	
18	110	71	S	1	500	2,5	VI	0		
19	144	56	SW	1		2	III	0,25	Óxid Fe (mat. vermelho)	<i>Possível rotação dos blocos</i>
20	131	72	S	1	50	3	V	2,5	Óxid Fe (mat. vermelho)	<i>Possível rotação dos blocos</i>
21	98	76	N	1		5	VI	0,5	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha	
22	84	54	N	1		1	VI	?	Óxid Fe (mat. vermelho), fragmentos de rocha e argilas	
23	128	87	N	1	?	1	V	0,25	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha	<i>Presença de água - musgo</i>
24	128	82	N	1	30	2	VIII	0,25	Fragmentos rocha e argilas	<i>Presença de água - musgo</i>
25	116	88	N	1		1	V	0,25	Óxid Fe (mat. vermelho), fragmentos de rocha e argilas	<i>Presença de água - musgo</i>
26	132	90		1	200	1	V	0	Argila	<i>Presença de água - musgo</i>
27	126	80	S	1	100	1	VI	0	Óxid Fe (mat. vermelho) e argila	
28	114	90		1	20	1	III	0,25	Fragmentos rocha e argilas	<i>Presença de água - musgo</i>
29	117	90		1	80	1	III	0	Terra	<i>Presença de água - musgo</i>
30	30	16	NW	2		2,30	VII	0		<i>Termina nas diaclases da fam. 1</i>
31	10	4	W	2	40	2,30	VI	0		<i>Termina nas diaclases da fam. 1</i>
32	26	11	NW	2	55	2,30	?	0		
33	60	30	N	2		3,00	VI	1	Argilas	
34	60	30	N	2	7	5,50	VI	1	Argilas	

Estação 1: Pedreira de Rebordinho

#	Azimute geográfico	Inclinação	Sentido inclinação	ID Fam.	Espaçamento (cm)	Continuidade (m)	Rugosidade	Abertura (cm)	Preenchimento	Observações
35	100	14	N	2	70	5,00	VI	1,25	Argilas	
36	100	14	N	2	5	5,00	VI	1,25	Argilas	
37	77	26	N	2		5	V	0,25	Óxid Fe (mat. vermelho), argilas e fragmentos de rocha	<i>Parece ter ocorrido rotação do bloco</i>
38	68	22	N	2	120	1	VI	0,25	Fragmentos rocha	<i>Parece ter ocorrido rotação do bloco</i>
39	120	20	N	2	12	1,5	?	0,75	Fragmentos rocha	
40	88	22	NW	2	16	1,5	?	0,75	Fragmentos rocha	
41	22	35	W	2	6,5	10	V	1,25	Fragmentos rocha e argilas	
42	149	24	SW	2		9	VI	1	Óxid Fe (mat. vermelho)	
43	174	35	E	2		2	V	0,25	Fragmentos rocha	
44	178	11	NE	2	25	3	VI	0,25	Fragmentos rocha	
45	177	8	NE	2	20	1	VI	0,25	Fragmentos rocha	
46	157	18	E	2	25	17	VI	1	Fragmentos rocha e argilas	
47	168	25	E	2	60	2	VI	0		
48	116	22	NE	2	?	1,5	?	0,25	Fragmentos rocha	
49	138	17	NE	2	7	6	?	0,25	Fragmentos rocha	
50	106	22	NE	2	300	8	V	0,25	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha	
51	137	34	SW	2		2	VI	0,25	Óxid Fe (mat. vermelho), fragmentos de rocha e argilas	
52	154	26	SW	2	40	10	V	0,25	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha	<i>Presença de água - musgo</i>
53	114	18	S	2	20	4	V	0,1	Óxid Fe (mat. vermelho)	<i>Presença de água - musgo</i>
54	108	14	S	2	50	9	VI	0,25	Óxid Fe (mat. vermelho), fragmentos de rocha e argilas	<i>Presença de água - musgo</i>

Estação 1: Pedreira de Rebordinho

#	Azimute geográfico	Inclinação	Sentido inclinação	ID Fam.	Espaçamento (cm)	Continuidade (m)	Rugosidade	Abertura (cm)	Preenchimento	Observações
55	172	17	SW	2	10	3	V	0,1	Óxid Fe (mat. vermelho), fragmentos de rocha e argilas	<i>Presença de água - musgo</i>
56	12	26	NW	2		5	VI	0,25	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha	<i>Presença de água - musgo</i>
57	50	46	NW	3		7,00	III	?	Pegmatito c/ 2cm espessura	<i>Não há mais desta família no setor estudado hoje.</i>
58	45	75	N	3		20	VI	0,5	Argilas	
59	48	72	N	3	70	20	VI	0,5	Argilas	
60	48	76	N	3	10	20	VI	0,5	Argilas	
61	48	78	N	3	50	20	III	0,5	Argilas	
62	47	55	NW	3		5	V	2	Óxid Fe (mat. vermelho), peg.	<i>A abertura da diacrise corresponde à espessura do pegmatito</i>
63	27	60	W	3		5	VI	1	Óxid Fe (mat. vermelho)	
64	32	60	NW	3	500	3	VI	0,25	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha	
65	40	70	NW	3	?	5	III	0	Óxid Fe (mat. vermelho)	
66	32	68	NW	3	100	5	V	0,5	Óxid Fe (mat. vermelho)	
67	20	78	NW	3	60	6	III	0,5	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha	
68	52	80	NW	3	900	8	V	20	Óxid Fe (mat. vermelho)	
69	57	80	N	3		20	V	0,75	Óxid Fe (mat. vermelho), argilas e fragmentos de rocha	
70	52	76	NW	3	100	20	V	1	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha	<i>Dendrites</i>
71	47	64	NW	3	50	1	V	0,5	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha	<i>Dendrites</i>
72	54	72	NW	3	30	2	V	0,5	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha	<i>Dendrites</i>
73	46	64	NW	3	100	2	V	0,5	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha	

Estação 1: Pedreira de Rebordinho

#	Azimute geográfico	Inclinação	Sentido inclinação	ID Fam.	Espaçamento (cm)	Continuidade (m)	Rugosidade	Abertura (cm)	Preenchimento	Observações
74	46	72	NW	3	30	6	III	0,25	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha	
75	50	74	NW	3	10	5	V	1	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha	
76	68	76	NW	3	50	8	III	0		
77	62	73	NW	3	150	9	V	0,5	Óxid Fe (mat. vermelho)	<i>Dendrites</i>
78	68	76	NW	3	50	1	V	0		
79	64	82	NW	3	40	5	V	0,25	Óxid Fe (mat. vermelho)	<i>Dendrites</i>
80	55	84	NW	3	65	5	IV	1	Óxid Fe (mat. vermelho)	<i>Dendrites</i>
81	56	84	NW	3	200	4	V	1,25	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha	
82	21	80	W	3		10	V	1,5	Óxid Fe (mat. vermelho)	<i>Possível rotação dos blocos, estrias e dendrites</i>
83	54	80	NW	3		1,5	V	?	Óxid Fe (mat. vermelho)	<i>Dendrites</i>
84	68	69	NW	3	?	6	V	0,5	Fragmentos rocha e argilas	
85	60	74	NW	3	200	3	V	0,5	Fragmentos rocha e argilas	
86	58	72	NW	3	?	4	III	0,25	Fragmentos rocha	
87	58	70	NW	3	15	3	VI	0		
88	72	70	NW	3	200	8	III	0,5	Fragmentos rocha e argilas	
89	50	89	S	3		1,5	VI	0		
90	52	76	S	3		2	IV	1	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha	
91	43	63	NW	3		1,5	VI	0,5	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha	
92	40	39	W	3		5	VI	0	Turmalina (peg.)	
93	36	36	W	3	50	3	VI	0,25	Turmalina (peg.)	
94	62	76	NW	3		3	VI	?	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha	

Estação 1: Pedreira de Rebordinho

#	Azimute geográfico	Inclinação	Sentido inclinação	ID Fam.	Espaçamento (cm)	Continuidade (m)	Rugosidade	Abertura (cm)	Preenchimento	Observações
95	59	68	NW	3	50	4	V	0,25	Óxid Fe (mat. vermelho), fragmentos de rocha e argilas	
96	63	80	NW	3	60	1	V	0		
97	56	78	NW	3	50	1	V	0,25	Fragmentos rocha e argilas	
98	13	52	W	3		5	V	0,5	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha	
99	21	48	W	3	40	6	V	0	Óxid Fe (mat. vermelho)	<i>Dendrites</i>
100	19	52	W	3	50	4	V	0	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha	<i>Dendrites</i>
101	20	60	W	3	100	5	III	2	Óxid Fe (mat. vermelho) e argila	<i>Dendrites</i>
102	12	66	W	3	30	5	V	0,25	Óxid Fe (mat. vermelho), fragmentos de rocha e argilas	<i>Dendrites</i>
103	18	62	W	3	10	1	VI	0,25	Óxid Fe (mat. vermelho), fragmentos de rocha e argilas	
104	10	76	E	3		7	V	0,5	Óxid Fe (mat. vermelho), argilas e fragmentos de rocha	

Estação 1: Pedreira de Rebordinho

ESTAÇÃO 2:	<i>Estrada de Campia</i>
Nº Folha 1/25000:	187
Orientação transversal:	NW-SE

Coordenadas (WGS84):

<i>Extremo NW</i>	<i>Extremo SE</i>
566895 E	566747 E
45 03263 N	45 02206 N

<i>Datas:</i>
03 Feb 2011
12 Feb 2011

#	Azimute geográfico	Inclinação	Sentido inclinação	ID Fam.	Espaçamento (cm)	Continuidade (m)	Rugosidade	Abertura (cm)	Preenchimento	Observações	
1	29	60	E	A		1,50	V	0	argilas		Grão médio
2	46	50	SE	A	50	2,00	IV	0	argilas e fragmentos de rocha		Grão médio
3	34	62	E	A	100	6,00	V	0,5	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
4	32	68	E	A	5	2,00	V	0,5	fragmentos de rocha		Grão médio
5	29	61	E	A	20	1,00	V	1	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
6	50	66	SE	A	150	3,00	VI	2	Óxid Fe (mat. vermelho), argilas e fragmentos de rocha		Grão médio
7	45	64	E	A	50	5,00	VI	0,2	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
8	42	76	E	A	260	1,50	V	0,2	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
9	26	50	E	A	50	1,00	VI	0	Óxid Fe (mat. vermelho)		Grão médio
10	32	57	E	A	100	2,00	VI	0,5	fragmentos de rocha		Grão médio
11	32	70	E	A	370	3,00	IV	2	fragmentos de rocha e pegmatito	presença de água	Grão médio
12	26	70	E	A	150	1,00	V	0			Grão médio
13	40	68	E	A	200	7,00	VI	0,2	Óxid Fe (mat. vermelho)	presença de água	Grão médio

Estação 2: Estrada de Campia

#	Azimute geográfico	Inclinação	Sentido inclinação	ID Fam.	Espaçamento (cm)	Continuidade (m)	Rugosidade	Abertura (cm)	Preenchimento	Observações	
14	36	64	E	A	440	5,00	V	0,5	Óxid Fe (mat. vermelho) e pegmatito		Grão médio
15	42	64	E	A	50	6,00	V	0,25	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
16	24	62	E	A	100	3,00	V	0			Grão médio
17	56	68	SE	A	250	4,00	V	0,25	fragmentos de rocha		Grão médio
18	42	64	E	A	420	1,00	VI	0,1	pegmatito		Grão médio
19	48	70	SE	A	370	5,00	IV	0,5	fragmentos de rocha		Grão médio
20	14	71	E	A	100	1,00	VI	0			Grão médio
21	11	71	E	A	50	1,00	V	0			Grão médio
22	32	62	E	A	490	2,00	V	1	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
23	45	56	E	A	100	3,00	V	0,2	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
24	54	58	SE	A	150	1,00	V	0,5	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
25	72	76	SE	A	100	2,00	VI	0,1	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
26	40	70	E	A	270	0,50	V	0	Óxid Fe (mat. vermelho)		Grão médio
27	30	59	E	A	390	3,00	V		fragmentos de rocha e pegmatito		Grão médio
28	26	64	E	A	390	1,00	V	0,5	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha	presença de água	Grão médio
29	18	76	E	A	30	0,60	V	0,2	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
30	22	68	E	A	550	1,00	V	0	fragmentos de rocha		Grão médio
31	0	64	E	A	30	3,00	V	0,2	fragmentos de rocha		Grão médio
32	28	74	E	A	100	3,00	V		fragmentos de rocha		Grão médio

Estação 2: Estrada de Campia

#	Azimute geográfico	Inclinação	Sentido inclinação	ID Fam.	Espaçamento (cm)	Continuidade (m)	Rugosidade	Abertura (cm)	Preenchimento	Observações	
33	33	62	E	A	100	2,00	V	0,2	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
34	30	66	E	A	860	0,50	V		Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
35	42	66	E	A	50	2,00	IV	0,2	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
36	46	60	SE	A	360	2,00	VI	0	Óxid Fe (mat. vermelho)		Grão médio
37	6	74	E	A	780	4,00	V	0	Óxid Fe (mat. vermelho)		Grão médio
38	40	68	E	A	230	1,00	V	0,05	fragmentos de rocha		Grão médio
39	30	65	E	A	200	3,00	V	0,2	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
40	24	70	E	A	370	0,50	V	0	fragmentos de rocha		Grão médio
41	47	58	SE	A	780	0,50	V		fragmentos de rocha		Grão médio
42	45	66	E	A	1310	7	VI	0	Óxid Fe (mat. vermelho)		Grão médio
43	43	64	E	A	50	0,5	VI		Óxid Fe (mat. vermelho)		Grão médio
44	33	54	E	A	70	1	V		Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
45	42	68	E	A	100	1	V	0,2	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
46	40	70	E	A	600	1,5	V	2	fragmentos de rocha		Grão médio
47	50	40	SE	A	200	7	V	0,2	fragmentos de rocha		Grão médio
48	42	62	E	A	50	1	V		fragmentos de rocha		Grão médio
49	15	57	E	A	880	7	V	0,2	fragmentos de rocha		Grão médio
50	12	58	E	A	100	2	V	0,5	fragmentos de rocha		Grão médio
51	10	65	E	A	330	4,0	V		fragmentos de rocha		Grão médio
52	25	55	E	A	200	5,0	V		fragmentos de rocha		Grão médio
53	34	64	E	A	100	0,5	V		fragmentos de rocha		Grão médio

Estação 2: Estrada de Campia

#	Azimute geográfico	Inclinação	Sentido inclinação	ID Fam.	Espaçamento (cm)	Continuidade (m)	Rugosidade	Abertura (cm)	Preenchimento	Observações	
54	37	57	E	A	50	1,0	V		fragmentos de rocha e pegmatito	pegmatito	Grão médio
55	38	56	E	A	260	1,0	VI	0,5	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
56	35	57	E	A	50	1,0	VI		Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
57	25	49	E	A	1550	2,0	V		fragmentos de rocha		Grão médio
58	42	64	E	A		5,0	V	0			Grão médio
59	22	78	E	A	600	1,0	V		fragmentos de rocha		Grão médio
60	42	70	E	A		6,0	VI	0	Óxid Fe (mat. vermelho)		Grão grosseiro
61	26	71	E	A	40	1,0	VI	0,2	Óxid Fe (mat. vermelho)		Grão grosseiro
62	40	44	E	A	50	2,0	V	0,1	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão grosseiro
63	33	48	E	A	300	1,5	V	0,1	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão grosseiro
64	34	64	E	A		1,0	V	0,2	fragmentos de rocha		Grão médio
65	32	50	E	A	30	2,0	V		Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
66	48	66	SE	A	30	1,0	V	0,1	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
67	26	72	E	A		3,0	IV	2	fragmentos de rocha e musgo		Grão médio
68	9	70	E	A	200	0,5	V	0	musgo		Grão médio
69	19	73	E	A	300	0,5	V	0	Óxid Fe (mat. vermelho) e musgo		Grão médio
70	26	82	E	A	100	2,0	V		Óxid Fe (mat. vermelho), musgo e fragmentos de rocha	aparente orientação dos minerais NW/SE	Grão médio
71	42	56	E	A		1,0	V	0,1	fragmentos de rocha		Grão médio

Estação 2: Estrada de Campia

#	Azimute geográfico	Inclinação	Sentido inclinação	ID Fam.	Espaçamento (cm)	Continuidade (m)	Rugosidade	Abertura (cm)	Preenchimento	Observações	
72	52	54	SE	A	200	2,0	VI		fragmentos de rocha		Grão médio
73	39	62	E	A	80	1,0	V	0,1	fragmentos de rocha e musgo		Grão médio
74	44	73	E	A	100	0,8	V	0	Óxid Fe (mat. vermelho) e musgo		Grão médio
75	27	64	E	A		1,0	V		Óxid Fe (mat. vermelho)		Grão médio
76	26	62	E	A	30	0,2	V	0	Óxid Fe (mat. vermelho)		Grão médio
77	39	66	E	A	30	1,0	V		Óxid Fe (mat. vermelho) e musgo		Grão médio
78	34	68	E	A	100	0,5	VI		fragmentos de rocha		Grão médio
79	41	68	E	A	500	0,4	V	0	musgo		Grão médio
80	20	74	E	A	50	0,7	V		musgo		Grão médio
81	30	59	E	A	300	0,8	IV		Óxid Fe (mat. vermelho) e musgo		Grão grosseiro
82	16	55	E	A	150	0,5	IV	0	musgo		Grão grosseiro
83	29	65	E	A	730	0,5	V	0,5	fragmentos de rocha		Grão grosseiro
84	130	84	NE	B		0,2	VI	0,1	fragmentos de rocha		Grão médio
85	132	88	NE	B		1	V	1	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
86	114	90		B	20	0,5	V	0	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
87	122	90		B	200	0,5	VI	0	fragmentos de rocha		Grão médio
88	124	88	NE	B	100	1	V	0,2	fragmentos de rocha		Grão médio
89	106	70	NE	B	50	0,5	V	1	fragmentos de rocha		Grão médio
90	120	89	NE	B	150	1	VI	1	fragmentos de rocha		Grão médio
91	130	90		B	80	0,7	V		fragmentos de rocha	pegmatito	Grão médio
92	130	85	NE	B	100	1	IV	1	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha	aparente orientação dos minerais NW/SE	Grão médio

Estação 2: Estrada de Campia

#	Azimute geográfico	Inclinação	Sentido inclinação	ID Fam.	Espaçamento (cm)	Continuidade (m)	Rugosidade	Abertura (cm)	Preenchimento	Observações	
93	127	88	NE	B	100	0,5	VI	0,5	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
94	120	86	NE	B	50	1	VI		fragmentos de rocha e pegmatito	pegmatito	Grão médio
95	122	88	NE	B	100	3	IV	0,1	Óxid Fe (mat. vermelho), pegmatito e fragmentos de rocha	pegmatito	Grão médio
96	132	84	NE	B	100	2	IV	0	Óxid Fe (mat. vermelho)		Grão médio
97	134	84	NE	B	300	1	V	0,2	fragmentos de rocha		Grão médio
98	122	88	NE	B	300	1	IV	0,1	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
99	110	90		B	200	0,5	VI	0	fragmentos de rocha e musgo		Grão médio
100	112	90		B	80	0,2	VI	0,5	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
101	108	84	NE	B	20	0,1	V	0,5	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
102	133	89	NE	B	40	1	VI		Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
103	114	89	NE	B	300	0,5	V	0,1	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
104	136	87	NE	B	50	0,5	VI		Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
105	118	90		B	50	0,2	VI	0,2	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
106	126	89	NE	B	100	0,5	V	0,2	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
107	106	79	NE	B	100	1	VI	0,1	fragmentos de rocha		Grão médio
108	124	80	NE	B	20	0,8	VI		Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
109	130	78	NE	B	200	2	V	0	Óxid Fe (mat. vermelho)		Grão médio

Estação 2: Estrada de Campia

#	Azimute geográfico	Inclinação	Sentido inclinação	ID Fam.	Espaçamento (cm)	Continuidade (m)	Rugosidade	Abertura (cm)	Preenchimento	Observações	
110	112	90		B	100	1	VI	0,2	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
111	116	90		B	50	0,8	V	0	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
112	120	88	NE	B	400	0,8	VI	0,1	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
113	118	88	NE	B	150	2	V	0	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
114	110	85	NE	B	200	1	V	0	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
115	118	88	NE	B	100	0,5	VI	0	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
116	110	80	NE	B	100	0,2	VI	0,1	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
117	100	75	NE	B	400	0,2	VI		Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
118	126	84	NE	B	600	0,5	VI		Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
119	136	90		B	300	2	VI		Óxid Fe (mat. vermelho), pegmatito e fragmentos de rocha	pegmatito	Grão médio
120	134	84	NE	B	600	0,5	VI		Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
121	120	82	NE	B	50	0,2	VI	0,2	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
122	133	88	NE	B	200	0,5	V	0	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
123	131	88	NE	B	200	0,5	VI	0,2	Óxid Fe (mat. vermelho)		Grão médio
124	112	89	NE	B	200	0,2	V	0	Óxid Fe (mat. vermelho)		Grão médio
125	132	83	NE	B	200	1	V	0,5	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio

Estação 2: Estrada de Campia

#	Azimute geográfico	Inclinação	Sentido inclinação	ID Fam.	Espaçamento (cm)	Continuidade (m)	Rugosidade	Abertura (cm)	Preenchimento	Observações	
126	124	82	NE	B	20	0,2	V		Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
127	136	84	NE	B	100	0,5	V	0	Óxid Fe (mat. vermelho)		Grão médio
128	104	82	NE	B	200	0,8	V	0,2	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
129	108	60	NE	B	600	0,2	V	0,2	fragmentos de rocha		Grão médio
130	124	72	NE	B	600	0,8	V		Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
131	104	86	NE	B		0,8	V	0,2	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
132	135	80	NE	B		0,7	V	0,5	Óxid Fe (mat. vermelho), pegmatito e fragmentos de rocha	pegmatito	Grão médio
133	128	90		B	100	1	VI		Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
134	134	82	NE	B	150	0,08	IV	0	fragmentos de rocha e musgo		Grão médio
135	122	82	NE	B	50	0,2	V	0,5	Óxid Fe (mat. vermelho), pegmatito e fragmentos de rocha	pegmatito	Grão médio
136	124	89	NE	B	100	0,7	V		Óxid Fe (mat. vermelho), musgo e fragmentos de rocha		Grão médio
137	132	80	NE	B	200	0,2	V	0,5	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
138	130	84	NE	B		1	V	0,5	fragmentos de rocha		Grão médio
139	124	88	NE	B	100	0,4	V		fragmentos de rocha		Grão médio
140	114	78	NE	B		0,3	V	1	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio

Estação 2: Estrada de Campia

#	Azimute geográfico	Inclinação	Sentido inclinação	ID Fam.	Espaçamento (cm)	Continuidade (m)	Rugosidade	Abertura (cm)	Preenchimento	Observações	
141	130	90		B	300	0,5	VI		Óxid Fe (mat. vermelho), pegmatito, musgo e fragmentos de rocha	pegmatito	Grão médio
142	130	89	NE	B		3	V		Óxid Fe (mat. vermelho), musgo e fragmentos de rocha		Grão médio
143	110	90		B	400	1	VI	0,2	fragmentos de rocha e musgo		Grão médio
144	116	86	NE	B		1,5	IV	0,2	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
145	124	88	NE	B	600	2	V	0,2	fragmentos de rocha e musgo		Grão médio
146	128	84	NE	B	400	0,5	VI	0	Óxid Fe (mat. vermelho)		Grão médio
147	122	90		B		2	V	0,2	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
148	126	90		B	700	1	VI	0,5	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
149	128	72	NE	B	700	0,8	IV	0,2	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
150	124	90		B	300	0,2	V	0,5	Óxid Fe (mat. vermelho), musgo e fragmentos de rocha		Grão médio
151	140	90		B	300	1	IV	0	Óxid Fe (mat. vermelho)		Grão médio
152	124	87	NE	B	200	1,5	IV	0,5	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão grosseiro
153	124	86	NE	B	100	1,5	IV	0,5	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão grosseiro
154	124	87	NE	B	100	1	V	0	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão grosseiro
155	132	88	NE	B		1	VI	2	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio

Estação 2: Estrada de Campia

#	Azimute geográfico	Inclinação	Sentido inclinação	ID Fam.	Espaçamento (cm)	Continuidade (m)	Rugosidade	Abertura (cm)	Preenchimento	Observações	
156	124	74	NE	B	150	0,1	V	0,2	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
157	116	74	NE	B	150	0,5	VI	0,2	fragmentos de rocha e musgo		Grão médio
158	120	80	NE	B	300	0,5	VI	0,2	Óxid Fe (mat. vermelho), musgo e fragmentos de rocha		Grão médio
159	122	70	NE	B	50	1	VI	0,2	fragmentos de rocha e musgo		Grão médio
160	125	90		B	150	0,2	VI	0	fragmentos de rocha		Grão médio
161	136	70	NE	B	100	1	V	0,2	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
162	128	82	NE	B		1	IV	0	fragmentos de rocha e musgo		Grão grosseiro
163	134	88	NE	B		1	V		Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão grosseiro
164	100	30	N	C		0,3	VI	0	fragmentos de rocha		Grão médio
165	60	64	N	C	300	0,5	V	0,2	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
166	55	68	N	C	30	0,2	VI	0,2	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
167	60	67	N	C	50	0,3	V	0	Óxid Fe (mat. vermelho)		Grão médio
168	90	50	N	C	300	2	V	0,5	Óxid Fe (mat. vermelho)		Grão médio
169	60	42	N	C	300	0,3	V	0	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
170	70	44	N	C	600	0,5	V	0	Óxid Fe (mat. vermelho)		Grão médio
171	58	52	N	C	20	1	V	0	Óxid Fe (mat. vermelho)		Grão médio
172	78	40	N	C	200	0,3	V	0	Óxid Fe (mat. vermelho)		Grão médio
173	72	30	N	C	30	1	V		Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio

Estação 2: Estrada de Campia

#	Azimute geográfico	Inclinação	Sentido inclinação	ID Fam.	Espaçamento (cm)	Continuidade (m)	Rugosidade	Abertura (cm)	Preenchimento	Observações	
174	69	32	N	C	200	1	V		Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
175	100	24	N	C	150	0,5	V		Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
176	84	40	N	C		3	VI	0	Óxid Fe (mat. vermelho)		Grão médio
177	62	30	N	C	70	3	V		Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
178	50	22	N	C	200	1	V	0,2	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
179	60	60	N	C	50	0,6	V	0,2	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
180	94	38	N	C	20	0,5	V	0	Óxid Fe (mat. vermelho)		Grão médio
181	80	24	N	C	50	1	V	0,2	Óxid Fe (mat. vermelho) e musgo		Grão médio
182	80	36	N	C	30	0,2	V	0	Óxid Fe (mat. vermelho)		Grão médio
183	82	40	N	C	300	1	V		Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
184	70	32	N	C	300	0,5	V		fragmentos de rocha		Grão médio
185	76	22	N	C	200	1,5	V		Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
186	102	50	N	C	200	0,5	V		Óxid Fe (mat. vermelho)		Grão médio
187	74	32	N	C	600	3	VI	0,5	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
188	54	60	N	C	100	2	VI	0,5	Óxid Fe (mat. vermelho)		Grão médio
189	78	48	N	C	70	6	VI	1	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
190	56	52	N	C	200	0,5	VI	0,5	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
191	76	30	N	C	30	0,5	V	0	Óxid Fe (mat. vermelho)		Grão médio

Estação 2: Estrada de Campia

#	Azimute geográfico	Inclinação	Sentido inclinação	ID Fam.	Espaçamento (cm)	Continuidade (m)	Rugosidade	Abertura (cm)	Preenchimento	Observações	
192	70	60	N	C	150	2	VI	0,5	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
193	98	22	N	C	100	0,3	V		Óxid Fe (mat. vermelho)		Grão médio
194	70	30	N	C		0,8	V		fragmentos de rocha		Grão médio
195	42	72	NW	C		1	VI	0,5	fragmentos de rocha		Grão médio
196	60	32	N	C		1	V	0,5	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
197	62	24	N	C	100	0,5	V	0,5	fragmentos de rocha		Grão médio
198	40	26	NW	C	80	1,5	V	0,5	fragmentos de rocha		Grão médio
199	54	32	N	C	100	0,5	V		fragmentos de rocha		Grão médio
200	100	20	N	C	100	1	VI		Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
201	74	20	N	C	150	3	V	0	Óxid Fe (mat. vermelho)		Grão médio
202	96	24	N	C	30	4	V		Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
203	64	28	N	C		0,8	V	0	fragmentos de rocha		Grão médio
204	96	34	N	C	300	2	V	0,2	fragmentos de rocha		Grão médio
205	40	54	NW	C	100	1	V	0,5	fragmentos de rocha		Grão médio
206	93	20	N	C		0,2	V	0,5	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
207	62	10	N	C	30	0,3	V	0	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
208	68	10	N	C	100	0,2	V	0,5	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
209	64	12	N	C	30	0,2	V	0	Óxid Fe (mat. vermelho)		Grão médio
210	80	12	N	C	150	0,5	IV	0,5	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
211	100	20	N	C	100	2	IV	0,2	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio

Estação 2: Estrada de Campia

#	Azimute geográfico	Inclinação	Sentido inclinação	ID Fam.	Espaçamento (cm)	Continuidade (m)	Rugosidade	Abertura (cm)	Preenchimento	Observações	
212	70	8	N	C	400	1	V		fragmentos de rocha		Grão médio
213	84	14	N	C	200	1	V		Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
214	86	22	N	C	100	0,5	V	0,5	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
215	36	8	NW	C		0,4	V	0,2	fragmentos de rocha		Grão médio
216	70	16	N	C		0,5	V		fragmentos de rocha		Grão médio
217	88	18	N	C	150	0,8	V		fragmentos de rocha		Grão médio
218	66	20	N	C	100	0,5	V	0	Óxid Fe (mat. vermelho)		Grão médio
219	20	8	NW	C		0,5	V		fragmentos de rocha		Grão médio
220	73	13	N	C	400	0,5	V	0,2	fragmentos de rocha		Grão médio
221	90	16	N	C		2	IV		fragmentos de rocha		Grão médio
222	88	6	N	C	150	0,5	V		fragmentos de rocha		Grão médio
223	100	16	N	C		1,5	IV	0,2	fragmentos de rocha		Grão médio
224	98	28	N	C		0,2	VI		Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
225	58	40	N	C		0,8	V	0,5	fragmentos de rocha		Grão médio
226	70	20	N	C	80	0,3	V	0,5	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
227	70	26	N	C	30	0,2	V	0,5	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
228	64	38	N	C	200	1	V	0,2	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
229	80	26	N	C	600	1	V	0,5	fragmentos de rocha		Grão médio
230	88	30	N	C	100	2	IV		fragmentos de rocha		Grão médio
231	64	34	N	C	500	0,5	VI		Óxid Fe (mat. vermelho)		Grão médio
232	84	20	N	C	100	1,5	IV	0,2	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio

Estação 2: Estrada de Campia

#	Azimute geográfico	Inclinação	Sentido inclinação	ID Fam.	Espaçamento (cm)	Continuidade (m)	Rugosidade	Abertura (cm)	Preenchimento	Observações	
233	72	50	N	C	150	1,5	V	0,2	Óxid Fe (mat. vermelho), musgo e fragmentos de rocha		Grão médio
234	62	54	N	C		0,3	V		fragmentos de rocha		Grão médio
235	72	30	N	C		0,5	V		fragmentos de rocha		Grão médio
236	90	30	N	C	50	0,3	V		fragmentos de rocha		Grão médio
237	70	54	N	C		0,2	V	0,2	fragmentos de rocha		Grão grosseiro
238	78	24	N	C	20	0,3	V		Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão grosseiro
239	58	30	N	C	500	1	V	0,5	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão grosseiro
240	66	42	N	C	600	1	V	0,5	fragmentos de rocha e musgo		Grão grosseiro
241	82	34	N	C		1	V		fragmentos de rocha		Grão médio
242	74	38	N	C	50	0,8	IV	0,2	fragmentos de rocha e musgo		Grão médio
243	64	28	N	C		3	V		fragmentos de rocha		Grão médio + grosseiro
244	20	40	NW	C	100	3	V	0,5	Óxid Fe (mat. vermelho), musgo e fragmentos de rocha		Grão médio + grosseiro
245	44	50	NW	C	100	3	V	0,5	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio + grosseiro
246	42	38	NW	C	200	1	V	0,2	Óxid Fe (mat. vermelho), musgo e fragmentos de rocha		Grão médio
247	20	10	NW	C		0,3	V	0	Óxid Fe (mat. vermelho)		Grão médio
248	50	12	N	C	100	0,3	V	0,2	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
249	58	8	N	C	1000	0,3	V	0,2	Óxid Fe (mat. vermelho) e fragmentos de rocha		Grão médio
250	80	18	N	C		1	V	0,2	fragmentos de rocha		Grão médio

Estação 2: Estrada de Campia

